✓ didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria

PROYECTO
EDITORIAL

síntesis educación

COMITÉ CIENTÍFICO

Director
Joaquín Gairín Sallán

Áreas de publicación

Didáctica y organización escolar
Coordinador
Joaquín Gairín Sallán

Métodos de investigación y diagnóstico en educación
Coordinador
Jesús M. Jornet Meliá

Teoría e historia de la educación
Coordinadores
Salomó Marqués Sureda
Conrad Vilanou Torrano

Didáctica de la lengua y la literatura
Coordinadores
Artur Noguerol Rodrigo
Luci Nussbaum Capdevila

Didáctica de las ciencias experimentales
Coordinadora
Neus Sanmartí Puig

Didáctica de las ciencias sociales
Coordinadores
Ernesto Gómez Rodríguez
Joan Pagés Blanch

Didáctica de la matemática
Coordinador
Luis Rico Romero

DCE
Didáctica de las Ciencias Experimentales

Neus Sanmartí

didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria

SINTESIS
EDUCACIÓN

Consulte nuestra página web: **www.sintesis.com**
En ella encontrará el catálogo completo y comentado

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra sin contar con autorización de los titulares de la propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (arts. 270 y sigs. Código Penal). El Centro Español de Derechos Reprográficos (www.cedro.org) vela por el respeto de los citados derechos.

© Neus Sanmartí

© EDITORIAL SÍNTESIS, S. A.

Vallehermoso 34
28015 Madrid
Tel 91 593 20 98
http://www.sintesis.com

ISBN: 978-84-975685-9-3

Impreso en España - Printed in Spain

Reservados todos los derechos. Está prohibido, bajo las sanciones penales y el resarcimiento civil previstos en las leyes, reproducir, registrar o transmitir esta publicación, íntegra o parcialmente por cualquier sistema de recuperación y por cualquier medio, sea mecánico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia o por cualquier otro, sin la autorización previa por escrito de Editorial Síntesis, S. A.

Índice

Prólogo 9

1. ***Enseñar Ciencias en los inicios del siglo XXI*** 11

1.1. Factores que condicionan el problema de enseñar Ciencias 12
1.2. Evolución de la investigación en la Didáctica de las Ciencias 16
1.2.1. Un hecho paradigmático en la historia de la Didáctica de las Ciencias, 16. *1.2.2. La emergencia del paradigma constructivista,* 18. *1.2.3. Evolución del paradigma constructivista,* 20.
1.3. Aprender a enseñar Ciencias 23
1.4. Objetos de estudio de la Didáctica de las Ciencias 25

PARTE I
¿QUÉ CIENCIA ENSEÑAR?

2. ***¿Cuál es la naturaleza de la ciencia?*** 33

2.1. Ideas espontáneas en relación con la naturaleza de la ciencia 33
2.1.1. ¿Cuál es la visión de la ciencia que tienen los profesores de Ciencias?, 34. *2.1.2. Y el alumnado, ¿qué visión tiene de la ciencia?,* 38.
2.2. ¿Qué sabemos sobre la naturaleza de la ciencia? 40
2.3. Enseñar Ciencias, algo más que enseñar conceptos y teorías 49
2.4. Ciencia de la complejidad *vs.* ciencia de la "simplificación" 51
2.5. Algunas consecuencias para el trabajo en el aula 53

3. ***¿Para qué enseñar Ciencias?*** 55
3.1. Ideas espontáneas en relación a la finalidad de la enseñanza de las Ciencias y la ciencia a enseñar 55
3.2. Finalidades de la enseñanza de las Ciencias 58
3.3. Los currículos CTS 67
3.4. Temáticas transversales y enseñanza de las Ciencias 70

4. ***¿Qué contenidos enseñar en la Enseñanza Secundaria?*** 77
4.1. Ideas espontáneas sobre la selección de los contenidos a enseñar 78
4.2. Caracterización de la ciencia escolar 79
4.3. La selección de los modelos de la ciencia escolar 82
4.3.1. ¿Qué conceptos, modelos y teorías de la ciencia enseñar?, 83.
4.3.2. ¿Qué comporta enseñar a pensar a través de modelos?, 86.
4.4. La selección de contextos de aprendizaje 90
4.5. Los antecedentes del alumnado 94
4.6. Los criterios de secuenciación 95
4.7. Algunas consecuencias y sugerencias 100

PARTE II
¿CÓMO APRENDEN CIENCIAS LOS ESTUDIANTES?

5. ***Aprender Ciencias, un proceso muy complejo*** 105
5.1. Ideas espontáneas sobre cómo aprenden los estudiantes 105
5.2. Las concepciones alternativas: algo más que una curiosidad 106
5.2.1. ¿Qué características tienen las concepciones alternativas?, 109.
5.2.2. Conocimiento cotidiano, conocimiento científico y conocimiento escolar: ¿tres tipos de conocimiento distintos?, 114.
5.3. Formas de explicar cómo se aprende 117

6. ***Factores que influyen en el aprendizaje científico*** 125
6.1. La experiencia y la observación: sin ellas no hay aprendizaje científico .. 126
6.2. El sistema cognitivo humano y el aprendizaje de las Ciencias 130
6.3. Las interacciones socio-culturales en el aprendizaje de las Ciencias ... 135

6.4. Lenguaje y aprendizaje de las Ciencias 138
6.5. Las emociones y el aprendizaje de las Ciencias 141

7. ***Aprender Ciencias implica aprender a autorregularse*** 147
7.1. Metacognición y autorregulación 148
7.2. Componentes del proceso de autorregulación 150
7.2.1. La autorregulación de los objetivos de aprendizaje, 153. *7.2.2. La autorregulación de los planes de acción,* 155. *7.2.3. La autorregulación de los criterios de evaluación,* 158. *7.2.4. Autorregulación: un único proceso con distintos componentes,* 162.
7.3. Algunas consecuencias y sugerencias para el trabajo en el aula 164

PARTE III
¿CÓMO ENSEÑAR CIENCIAS?

8. ***Organización y secuenciación de las actividades de enseñanza/aprendizaje*** 169
8.1. Formas tradicionales de seleccionar y secuenciar las actividades de enseñanza 170
8.2. ¿Qué se entiende por actividad didáctica? 174
8.3. El diseño de los procesos de enseñanza 179
8.4. Criterios para la organización y secuenciación de las actividades 185
8.5. La planificación del trabajo en el aula 196

9. ***Actividades para la enseñanza de las Ciencias*** 205
9.1. Necesidad de diversificar las actividades 206
9.2. Trabajos prácticos 210
9.3. La actividad de "explicar" 230
9.4. Resolución de problemas y ejercicios 257
9.5. Juegos y dramatizaciones 270

10. ***Instrumentos y recursos*** 277
10.1. Organizadores gráficos 278
10.2. Maquetas y modelos 286

10.3. Recursos bibliográficos 287
10.4. Recursos audiovisuales 288
10.5. Recursos informáticos 290

11. ***Las actividades de evaluación*** 295
11.1. ¿Qué se entiende por evaluación y cuáles son sus finalidades? 297
11.2. ¿Quién evalúa a lo largo del proceso de aprendizaje? 300
11.3. ¿Cuándo, qué y cómo evaluar los aprendizajes y qué hacer con los resultados de la evaluación? 303
11.4. Interrelación entre las actividades de enseñanza y de evaluación 328

12. ***La gestión del aula y la atención a la diversidad*** 329
12.1. ¿Cómo favorecer la comunicación en el aula? 330
12.1.1. La institucionalización del grupo-clase, 331. *12.1.2. El trabajo en grupo,* 337. *12.1.3. Las interacciones profesor-alumno en gran grupo,* 345.
12.2. ¿Cómo atender a la diversidad del alumnado? 353
12.2.1. La diversidad de intereses y de motivación hacia el aprendizaje, 355. *12.2.2. Diversidad de niveles y ritmos de aprendizaje,* 359. *12.2.3. Diversidad de género,* 375.

Bibliografía 379

Prólogo

La ampliación de la enseñanza de las Ciencias a todos los alumnos hasta los 16 años ha planteado nuevos retos al profesorado, ya que no es fácil conseguir que las aprendan de forma significativa estudiantes con aptitudes y actitudes muy diversas. Este libro se plantea abrir caminos para dar respuesta a los nuevos problemas surgidos, fundamentados tanto en la investigación didáctica como en la práctica de aula de muchos profesores.

Las actividades que ejemplifican muchas de las ideas y propuestas incluidas en este texto han sido aportadas por profesores con los que hemos trabajado durante los primeros años de implantación de la Reforma educativa. A partir de los problemas que se iban planteando en la práctica, se ha buscado y experimentado conjuntamente respuestas, siempre con el objetivo común de que todos los alumnos aprendieran significativamente conocimientos científicos relevantes.

Por ello, este libro es el resultado de un "trabajo colectivo". En especial quisiera reconocer las aportaciones de algunos compañeros entre los que destacan Pilar García, que no sólo ha aportado la visión de la enseñanza de la Biología en el contexto de una ciencia básica sino también de un sinnúmero de actividades y de escritos de sus alumnos y alumnas; Montserrat Roca, que ha ayudado mucho en la reflexión sobre las "buenas" preguntas a plantear en el aula, y los profesores y profesoras de los Departamentos de Ciencias de los IMES J. M. Zafra y J. de la Cierva de Barcelona, con los que durante 8 años se idearon y experimentaron nuevas formas de trabajo en el aula.

También cabe mencionar a las compañeras del Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales de la UAB, en especial Mercé Izquierdo, Rosa M. Pujol, Rosa M. Tarín, Conxita Márquez, Roser Pintó, Carme

Tomás y Mariona Espinet, con las que se ha discutido e investigado sobre muchos de los temas tratados en este libro.

Tampoco se puede olvidar a los profesores con los que se formó el grupo de 'Ciencias12-16' del ICE de la UAB, en especial Antoni Alcázar, Joan Aliberas, Miquel Calvet, Isabel Enríquez, Teresa Pigrau y Núria Solsona, que en tardes de reflexión generó ideas y prácticas, y las escribió y explicó a otros compañeros de profesión; así como a los profesores que realizaron el Máster en Didáctica de las Ciencias de la UAB y a los alumnos de los distintos cursos de CAP y CCP, que aportaron numerosas reflexiones y experiencias.

Por último, quiero agradecer la inestimable colaboración de Verónica de Miguel, Mireia Torruella y Sara Giménez, que tuvieron la paciencia de rehacer dibujos y de traducir textos del catalán.

Todos y todas son "co-autores" de este libro y les agradezco el placer que ha representado poder trabajar conjuntamente.

1
Enseñar Ciencias en los inicios del siglo XXI

Hoy día nadie pone en duda que enseñar Ciencias a *toda* la población hasta los 16 años, e incluso más, es importante. Sin embargo, esta concepción es muy reciente, ya que la generalización de su estudio ha tenido lugar a lo largo del siglo XX, especialmente después de la Segunda Guerra Mundial. Anteriormente, la enseñanza de la Física, de la Química o de la Biología a alumnos adolescentes estaba muy vinculada a su preparación para acceder a la universidad o a estudios específicos y, por tanto, sólo una minoría muy seleccionada de chicos (y todavía más de chicas) estudiaba estas disciplinas.

En los inicios del siglo XIX tan sólo se enseñaba Ciencias a estudiantes que se formaban en "artes mecánicas", ciencia militar o agricultura. A finales de esa centuria, cuando fueron surgiendo nuevas profesiones que necesitaban conocimientos científicos, su estudio se sistematizó como "asignaturas". Los programas y la estructura de los estudios del área científica, con la separación entre disciplinas de Física, Química y Biología, se concibieron hacia 1860 en Alemania –país entonces pionero en el campo científico– y se han mantenido casi sin cambios relevantes hasta ahora. Sólo aproximadamente un siglo después, a partir las nuevas demandas sociales de una mayor y mejor formación científica para toda la población, se empezó a investigar sobre problemas relacionados con la enseñanza de las ciencias y se desarrollaron nuevas propuestas curriculares orientadas a la educación científica de todos los jóvenes.

Después de las reformas iniciadas en Estados Unidos y el Reino Unido a partir de 1960, la Didáctica de las Ciencias se ha ido consolidando como un campo de investigación, pero sin duda es una ciencia muy joven y aún se sabe poco sobre cómo dar respuesta a los retos de las nuevas necesidades de educación científica. Incluso se puede afirmar que evoluciona más rápidamente la sociedad y el tipo de problemas generados que la investigación realizada para darles respuesta.

La investigación didáctica tiene, además, el problema de la dificultad de su transferencia hacia la práctica. Los cambios que se deducen de ella no se refieren sólo a la aplicación de nuevas técnicas, sino también a cambios en las ideas o formas de concebir todo el currículo, y éstas son mucho más dificiles de generalizar. La reformulación de las instituciones y la formación del profesorado son procesos muy lentos y costosos, por lo que la escuela va a remolque de los cambios sociales, más que avanzar paralelamente a ellos o, aún menos, ir por delante.

Enseñar Ciencias en el momento actual es una profesión compleja, y necesita un buen proceso de formación para ejercerla con éxito. Los educadores deben estar preparados para promover en los jóvenes adolescentes el gusto y el esfuerzo por aprender Ciencias, y para desarrollar capacidades en los menos dotados. Cada escuela y cada grupo-clase tienen características y condicionamientos distintos, que además cambian rápidamente, en paralelo a los cambios sociales. Consecuentemente, para ser profesor se necesitan conocimentos teóricos y prácticos acumulados a partir de la investigación didáctica y de la experiencia que posibiliten, más que aplicar mecánicamente dichos conocimientos, investigar cómo dar respuesta a los nuevos problemas que surgen e innovar en función de las nuevas realidades. Autonomía para continuar aprendiendo a enseñar y para regular la propia práctica, creatividad y pensamiento crítico (no conservador) son condiciones básicas para responder al reto de enseñar Ciencias a toda la población.

1.1. Factores que condicionan el problema de enseñar Ciencias

En los últimos años ha habido cambios importantes, en la ciencia y en la sociedad, que han motivado sin duda que el problema de *enseñar ciencias* aumentara su complejidad y redefiniera su estatus. Se pueden destacar:

a) Los cambios sociales y en la política educativa.
b) Los cambios en la epistemología de las Ciencias.
c) El desarrollo de las tecnologías de la información y de la comunicación.
d) El desarrollo de las Ciencias de la Educación y de la Psicología.

a) Los **cambios sociales** han propiciado cambios en la **política educativa** y, por tanto, una redefinición del problema de enseñar Ciencias. En buena parte han sido consecuencia del desarrollo económico que ha comportado la necesidad de profesionales, tanto hombres como mujeres, con más conocimientos *básicos* y *generales*. Se ha comprobado que en el trabajo no se necesitan tanto personas formadas en técnicas específicas relacionadas con profesiones concretas, como personas con una formación científica y tecnológica que les permita continuar aprendiendo al cambiar las tecnologías o al cambiar el puesto de trabajo.

Al mismo tiempo, en las sociedades democráticas se valora como necesario que las personas tengan conocimientos que posibiliten comprender, opinar y *tomar decisiones* autónoma y colectivamente. Basta pensar en temas objeto de debate reciente, como la enfermedad de las 'vacas locas', los trasvases de agua, los alimentos transgénicos o muchos otros, cuya comprensión requiere conocer teorías generadas en el campo de las Ciencias de la Naturaleza (como también en el de las Ciencias Sociales), y haber desarrollado capacidades que posibiliten valorar críticamente las informaciones recibidas y continuar aprendiendo. Sin estos conocimientos es difícil poder participar democráticamente en las decisiones colectivas.

Estas necesidades han llevado a cambios en la escuela:

- La generalización de la enseñanza científica a toda la población hasta los 16 años (en algunos países hasta los 18). De una enseñanza para una élite (por ejemplo, a mediados del siglo pasado no más de un 10% de la población estudiaba Ciencias hasta los 16 años), se ha pasado al 100%. Ello conlleva que el problema de enseñar ciencias sea mucho más complejo, ya que el objetivo es que todos los individuos aprendan y no sólo los más dotados o interesados.
- Un cambio en el propio concepto de la enseñanza en secundaria. De una visión más cercana al concepto de *instrucción* se ha pasado al de *educación,* entendida como el desarrollo de la autonomía de los individuos en su capacidad para tomar decisiones. De la enseñanza de las Ciencias se pide especialmente su compromiso en campos como la educación ambiental o para la salud, pero también en relación con la paz o al civismo, entre otros.
- En una sociedad altamente tecnificada, también se le pide a la enseñanza de las Ciencias que las nuevas generaciones sean tanto usuarios competentes de muchas de las aplicaciones que la ciencia ha desarrollado, como generadores de nuevas ideas y tecnologías. La ciencia a aprender, más que la relacionada con el conocimiento de hechos, definiciones y leyes, será la de los modelos interpretativos y de los procesos de génesis de este tipo de saberes.

b) Los **cambios en la epistemología de las Ciencias** han hecho perder a éstas el papel de *paradigmas del conocimiento*. Poco a poco se ha desdibujado la frontera entre las Ciencias de la Naturaleza y las Ciencias Sociales y, frente a concepciones más basadas en la lógica positivista, se resalta el carácter evolutivo y racionalmente moderado del conocimiento científico.

De la ciencia actual se subraya su vocación explicativo-interpretativa de los hechos, al mismo tiempo que su complejidad. En la enseñanza todo ello tiene consecuencias inmediatas: los estudiantes deben aprender a construir su propio discurso científico, correlacionado con el de la ciencia pero específico, en el que necesariamente tendrán que interrelacionar muchas variables para explicar hechos. Esto es mucho más que

aprender un vocabulario y unos símbolos determinados, o que aplicar unas leyes que responden sólo a problemas escolares, ya que han de poder ser capaces de hablar de los fenómenos de su mundo.

Consecuentemente, los saberes tradicionalmente enseñados en la escuela requieren ser revisados a fondo (aunque las grandes ideas o teorías científicas de base sean las mismas). No tiene sentido continuar enseñando conceptos con la misma estructura disciplinar que a finales del siglo XIX, cuando el número de conocimientos científicos ha aumentado exponencialmente y hay muchos nuevos campos de investigación, a menudo interdisciplinares, como los de las ciencias ambientales, los nuevos materiales, la biotecnología, la electrónica, etc. Es evidente que no se puede enseñar todo en la escuela y, por tanto, un problema importante que tiene planteada la Didáctica de las Ciencias es definir criterios de selección de los contenidos a enseñar válidos para el siglo XXI.

El reto consiste en establecer un *corpus* de saberes a enseñar que sea consecuente con la nueva función de la escuela. Unos conocimientos que posibiliten a los estudiantes entender la información que les llega por distintos medios, comunicar sus ideas, contrastarlas con hechos y con otros discursos, y ponerlas en crisis si fuera necesario.

c) El **desarrollo las tecnologías de la información y de la comunicación** condiciona tanto el trabajo del enseñante como el del que aprende.

El aumento de los medios a través de los que se reciben informaciones (TV, Internet, museos de ciencias y otros) conlleva que la escuela deje de ser el lugar donde prioritariamente se transmiten datos para pasar a ser, en cambio, el lugar en el que se ponen las bases para poder interpretarlos. Las teorías de la ciencia actual no se aprenden leyendo, escuchando o mirando, sino que es necesario reelaborar las propias formas de entender la información recibida. Esta reelaboración o reconstrucción, al menos de momento, sólo se puede hacer en la escuela con la ayuda del profesorado.

Al mismo tiempo, la irrupción de las tecnologías audiovisuales, de la informática y de los sistemas de comunicación telemáticos, hace prever cambios importantes en las prácticas de aula. Su aplicación en el trabajo experimental, en la simulación de fenómenos, en los intercambios de puntos de vista que pueden realizarse desde el domicilio y con centros escolares alejados, en la comunicación visual de las ideas y conclusiones de trabajos, etc., conlleva que la estructura de las actividades a realizar en el aula y la distribución del tiempo sean muy distintos a las de las clases tradicionales. Incluso puede y deberá variar el mismo concepto de "clase", la distribución horaria y la arquitectura de los centros.

Sin embargo, es difícil que cambie la función del profesorado como *mediador* del conocimiento, que no sólo pone al alcance del alumnado los medios tecnológicos y

las informaciones adecuadas, sino que, como persona experta en educar, promueve la reconstrucción de las ideas utilizando dichos medios.

No hay duda de que las nuevas tecnologías cambiarán la práctica de la enseñanza, pero no supondrán un cambio radical, ni mucho menos un aumento de su "productividad", en el sentido de proporción entre el número de aprendices en relación con el de profesionales de la enseñanza.

d) El **desarrollo de las Ciencias de la Educación y de la Psicología** también ha propiciado cambios en las formas de explicar los problemas de la enseñanza científica y en su práctica. En la Didáctica de las Ciencias han influido muy especialmente los nuevos conocimientos sobre el aprendizaje y sobre el desarrollo de la inteligencia, que han cuestionado planteamientos tradicionales y han abierto nuevos campos de investigación.

En esta línea han sido muy importantes los estudios que relacionan aprendizaje y contenidos científicos, en los que se han podido reconocer cómo las características del contenido condicionan los aprendizajes. Consecuentemente, es necesario generar modelos y prácticas adecuadas a cada tipo de contenido, lo cual constituye el campo de estudio de la Didáctica de las Ciencias. Hasta hace pocos años, la enseñanza de las ciencias era una actividad fundamentalmente empírica que se aprendía sólo a través de la experiencia. Los modelos aplicados eran los propios del sentido común y no se disponía de teorías alternativas que explicaran por qué muchos estudiantes no aprendían y sirvieran para hacer predicciones sobre posibles prácticas distintas. Actualmente, aunque no existen teorías globales que expliquen todos los hechos, se dispone de marcos teóricos que abren caminos sugerentes para pensar y actuar.

Paralelamente, se han desarrollado metodologías de investigación, de tipo cualitativo, que han sido cruciales para la emergencia de dichos marcos teóricos. Se ha demostrado que estas nuevas metodologías son necesarias para interpretar fenómenos en los que intervienen muchas variables, como son los que tienen que ver con la enseñanza y el aprendizaje. Gracias a ellas se puede investigar cada situación docente, cada caso: un aula, un enseñante, un alumno, una institución, un ciclo, etc., analizando las interrelaciones entre las diversas variables que actúan y los invariantes. Muchas de estas investigaciones se realizan desde la propia práctica, por ejemplo a través de la *investigación-acción*, por lo que la distancia entre la teoría y la práctica se diluye.

Toda investigación comporta la génesis de nuevos modelos de enseñanza y de un lenguaje específico para formular, analizar e interpretar los problemas de la educación científica. Estos modelos no son respuestas globales a todos los problemas, pero abren caminos, por lo que es necesario conocerlos para poder continuar innovando a partir de ellos.

1.2. Evolución de la investigación en la Didáctica de las Ciencias

La investigación en el campo de la Didáctica de la Ciencias ha cambiado de forma sustancial desde la segunda parte del siglo XX. Los problemas objeto de estudio, los objetivos, la metodología y los marcos teóricos han ido evolucionando muy rápidamente, mucho más que la práctica concreta en las aulas.

A lo largo de estos años se pueden identificar distintas etapas que se analizan en los próximos apartados. Es importante considerar las teorías y modelos sobre la enseñanza de las Ciencias desde su perspectiva evolutiva y no como simples "modas" más o menos improvisadas. En Didáctica de las Ciencias aparecen nuevos modelos cuando hay hechos que no concuerdan con los antiguos y cuando se identifican nuevos referentes. Tal y como sucede en otros campos de la ciencia, los modelos antiguos no se deben considerar como "erróneos"; hay que considerar más bien que cada nueva propuesta supera a la anterior en algunos aspectos, pero avanza a partir de ella y acostumbra a recoger muchas de sus ideas y prácticas.

1.2.1. Un hecho paradigmático en la historia de la Didáctica de las Ciencias

En el año 1957 la Unión Soviética lanzó al espacio el primer satélite artificial. Este hecho puso de manifiesto un posible avance de la ciencia soviética respecto de los países occidentales y desencadenó en éstos, especialmente en Estados Unidos, un fuerte cuestionamiento del sistema de enseñanza de las Ciencias. Se promovió un cambio radical en sus contenidos y métodos en cuanto campo de investigación. Las primeras evaluaciones mostraban que los alumnos, con los métodos de enseñanza tradicionales, no se interesaban por los estudios de Matemáticas, Física y Química, y que los resultados de los aprendizajes eran muy deficientes.

Diversas instituciones, encabezadas por *The National Science Foundation*, subvencionaron costosos estudios de los que surgieron numerosas propuestas. Treinta años después en EE UU se habían invertido más de 1.500 millones de dólares en investigaciones realizadas sobre la enseñanza de las Ciencias y se habían promovido un buen número de *proyectos curriculares*.

Los primeros estudios se concretaron en la reforma del currículo de los últimos cursos de Secundaria, en cada una de las disciplinas científicas. De ellos surgieron proyectos, que aún hoy son referentes importantes para la enseñanza de la Química: "CBA. Sistemas Químicos" (1962) y *CHEMS. Química, una ciencia experimental* (1963); para la enseñanza de la Física: *PSSC. Physical Science Study Committee* (1965, 2.ª edición), *IPS. College Introductory Physical Science* (1967) y el *HPP. Harvard Project Physics* (1970), y para la enseñanza de la Biología: *BSCS. Biological Science Curriculum Study* (1968). Todos ellos iban dirigidos a estudiantes de los últimos cursos de

Secundaria y fueron elaborados conjuntamente por científicos de reconocido prestigio y profesores experimentados. Igual proceso se desarrolló en Gran Bretaña, donde a partir del año 1962 la Fundación Nuffield diseñó proyectos para la enseñanza de la Física, la Química y la Biología.

Estos nuevos currículos se caracterizaron por:

- Promover una enseñanza más conceptual de las disciplinas científicas, frente a los planteamientos vigentes en aquel momento, centrados en la transmisión de conocimientos descriptivos. Por ejemplo, se pasó de enseñar las propiedades, métodos de obtención y aplicaciones de distintos ácidos, a enseñar el concepto de ácido. Y de enseñar cómo distintas clases de seres vivos se nutrían, reproducían o relacionaban, a enseñar el concepto de nutrición, de reproducción y de relación.
- Introducir en los programas contenidos fundamentales generados en la investigación científica de los últimos 50 años. Se consideraba que había un gran desfase entre los libros de texto y la ciencia del momento, por lo que se incluyeron temas de estudio como el de las ondas o los campos, la hibridación de orbitales o la genética y la evolución.
- Dar una mayor importancia a la relación entre la teoría y los hechos, por lo que se promovió el trabajo experimental. Cada proyecto curricular tenía asociado un conjunto de prácticas de laboratorio, en las que se priorizaba el aprendizaje de los procesos asociados al llamado *método científico.*
- Diseñar muchos materiales y recursos para la enseñanza, en lugar de centrarla en el libro de texto. Cada proyecto incluía, además de los libros de los alumnos según cursos o temas y los de prácticas de laboratorio, extensos y documentados libros para el profesorado, libros con lecturas complementarias para los estudiantes, vídeos, material didáctico experimental y muchos otros recursos.

Muy pronto se tomó conciencia de que a estos cursos los alumnos ya llegaban desmotivados hacia el aprendizaje de las Ciencias y con fuertes deficiencias a nivel conceptual y procedimental, por lo que se consideró que la renovación curricular debía abarcar todos los niveles educativos y no sólo la enseñanza Secundaria superior. En los niveles de Primaria, a los equipos de investigadores-diseñadores curriculares provenientes del campo de las ciencias se sumaron profesionales de otras áreas, como psicólogos, epistemólogos, historiadores de la ciencia, pedagogos, sociólogos, etc. Un psicólogo como Robert Gagné, por ejemplo, dirigió el importante proyecto *Science-A Process Approach (SAPA)*. Por otro lado, los científicos se pusieron a estudiar psicología, como Robert Karplus, físico de la Universidad de Berkeley, que dirigió el proyecto *Science Curriculum Improvement Study* (*SCIS)* y estudió con Jean Piaget en Ginebra.

El número de currículos para la enseñanza de las ciencias diseñados en estos años fue muy elevado. En 1979 se podían consultar más de 400 grandes proyectos en todo el mundo, cuando en 1956 sólo había 2. Muchos de ellos eran interdisciplinares, destacando por su influencia el proyecto *Ciencia Combinada Nuffield* (1970) que supuso, además, la introducción de nuevos puntos de vista en relación con la coordinación de la enseñanza de las diferentes disciplinas científicas.

Paralelamente, en esta época empezaron a surgir los museos de ciencia interactivos. La educación científica dejó de ser patrimonio de la escuela, especialmente en su finalidad de despertar el interés por la ciencia y de llegar seducir a las jóvenes generaciones y a la población en general por esta forma de la cultura. Al mismo tiempo, estos museos fueron motores de renovación en la enseñanza científica, ya que promovieron nuevas líneas de reflexión y nuevas prácticas.

Se puede concluir que en esta época la Didáctica de las Ciencias se fue configurando como una nueva área de estudio. Consecuencia de todo ello fue la aparición de diversas revistas de investigación en este campo que se sumaron a la ya existente, desde 1916, *Science Education.* Entre otras, el *Journal Research in Science Teaching* en 1964, *Studies in Science Education* en 1974, *European Journal of Science Education* (actualmente, *International Journal...*) en 1979 y *Enseñanza de las Ciencias* en 1983. En ellas, los referentes para dar respuesta al problema de enseñar ciencias no era ya sólo la disciplina científica objeto de enseñanza, sino también cómo se aprende, cómo se ha generado la ciencia a través de la historia, la diversidad de métodos instruccionales, los condicionamientos sociales, las necesidades de la sociedad, etc.

1.2.2. La emergencia del paradigma constructivista

Los estudios sobre la enseñanza de las Ciencias realizados antes de los años setenta se centraban muy especialmente en el desarrollo y evaluación de currículos para aplicarlos en las aulas. La mayoría de los investigaciones se basaban en la comparación de los resultados obtenidos entre un grupo experimental y un grupo de control. Eran, pues, estudios fundamentalmente empíricos, conducentes más a describir los resultados de una acción educativa que a interpretarla.

En los años 1977 y 1978 se realizó una completa evaluación de los resultados de la enseñanza de las Ciencias en Estados Unidos. Debe recordarse que en esas épocas ya habían concluido sus estudios en la escuela obligatoria las primeras generaciones de estudiantes formados según los currículos diseñados en los años sesenta, por lo que se esperaba obtener datos que los avalaran.

Los resultados de estos estudios pusieron de manifiesto que, a pesar del dinero invertido en la investigación didáctica y en el diseño de materiales curriculares, el nivel de cultura científica de la población continuaba siendo muy bajo. Aunque los

estudiantes manifestaban que las clases eran más interesantes, sus conocimientos eran muy deficientes y, ante el fracaso, obtaban por no escoger asignaturas científicas en su currículo. Por ello, se empezó a hablar de crisis y a abrir nuevas líneas de trabajo.

Una de las líneas teóricas que influyeron en el proceso de cambio fueron los trabajos de David Ausubel, quien en 1968 publicó su libro sobre psicología educativa. Su famosa frase: "El más importante y simple factor que influencia el aprendizaje es aquello que el aprendiz ya conoce. Averigua lo que sabe y enséñale de acuerdo con ello" impulsó el estudio de las ideas de los alumnos y alumnas. Se empezaron a identificar sus conocimientos previos a los procesos de enseñanza y se comprobó con gran sorpresa que ya antes de empezar el estudio de un tema manifestaban los mismos *errores* que al final.

También fue importante el impacto de las nuevas corrientes epistemológicas. Los que inicialmente tuvieron una mayor repercusión fueron los trabajos de T. S. Kuhn, S. Toulmin y I. Lakatos, ya que el establecimiento de paralelismos entre la génesis del conocimiento científico a través de la historia de la ciencia y en los estudiantes jóvenes posilitaba explicar algunas de sus dificultades de aprendizaje.

A partir de este momento, en la investigación en Didáctica de las Ciencias se fue consolidando el llamado *paradigma constructivista,* del cual se derivaron nuevas propuestas curriculares. Algunos de sus principales elementos definitorios fueron:

- Los conceptos se construyen, más que descubren. Las ideas de la ciencia son teorías construidas para explicar la realidad, pero no son la realidad. De la misma forma, el que aprende construye formas propias de ver y de explicar el mundo, cosa distinta de pensar que redescubre los conceptos y teorías de la ciencia actual.
- Cuando se "empieza" el estudio de una teoría o de un concepto, el alumno ya tiene construidas ideas sobre el mismo. Se considera que el aprendizaje de las ciencias es más una consecuencia de la actividad mental del que aprende que de una acumulación de informaciones. Éstas son reinterpretadas y reelaboradas en función de los conocimientos previos.
- Para enseñar se debe partir de las concepciones previas de los estudiantes y se deben proponer actividades que ayuden a cuestionar dichas concepciones previas, para así provocar su cambio o evolución hacia otras más acordes con las de la ciencia actual.
- Los *errores* de los alumnos deben considerarse como etapas, totalmente normales, del desarrollo de sus ideas. El aprendizaje se entiende como el proceso de cambio de dichas ideas y no como la repetición de conceptos y procedimientos incluidos en libros de texto o explicados por el profesorado.

En estos principios convergen todas las diversas formas de entender el constructivismo, por otra parte muy variadas, ya que en ellas se interrelacionan referentes epis-

temológicos y psicológicos diversos. No hay duda de que el punto de vista constructivista ha sido, en palabras de Duit (1993), "la fuerza conductora más poderosa y fructífera" en la investigación en Didáctica de las Ciencias. Este constructivismo didáctico, que reúne puntos de vista sobre cómo se genera la ciencia, sobre cómo se aprende y sobre cómo enseñarla, no se puede identificar ni con el constructivismo psicológico ni con el constructivismo epistemológico, aunque las relaciones son evidentes.

Si hasta 1960 no se habían realizado más de 50 estudios que pudieran ser cualificados como relacionados con el conocimiento de las ideas de los estudiantes, a finales del año 1992 el número de dichos trabajos superaba los 2.800. En estos años también se desarrollaron muchos nuevos currículos y se impulsaron, en muchos países, reformas educativas fundamentadas en las nuevas visiones de la enseñanza de las Ciencias. Como proyectos más importantes cabe destacar el *Children's Learning in Science Project (CLISP),* dirigido por Rosalind Driver en Gran Bretaña, y el *Learning Science Project (LSP)* desarrollado en Australia.

1.2.3. Evolución del paradigma constructivista

La visión constructivista inicial de la Didáctica de las Ciencias estuvo muy influenciada por la psicología piagetiana y por la ausubeliana. Pero poco a poco se empezó a dar mucha mayor importancia a los aspectos relacionados con la construcción social del conocimiento a partir del redescubrimientro de los estudios realizados por L. S. Vigotsky en los años treinta. Estos estudios ofrecían un marco más explicativo del aprendizaje que tiene lugar en el aula, en la que son fundamentales las interacciones entre los distintos componentes y con la cultura propia del contexto social en la que se ubica. El lenguaje apareció también como una variable importante en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias, al igual que todos los procesos de comunicación.

Paralelamente, se desarrollaron nuevos campos de investigación que revisaban los contenidos de enseñanza. El nivel de abstracción de los conceptos incluidos en los currículos era alto y muy poca su relación con los hechos de la vida cotidiana. Se constataba que los alumnos no estaban interesados en los conocimientos que se les enseñaban. Para dar respuestas a estos problemas se impulsó, por una lado, el movimiento *Ciencia, Tecnología y Sociedad* (CTS), en el marco del cual se desarrollaron numerosos currículos que tienen como finalidad la enseñanza de contenidos científicos relevantes. Por otro lado, generalmente desde el campo de la Biología, se promovieron los *temas transversales* –educación ambiental, para la salud, del consumidor...–, que condicionaban todo el diseño curricular.

La gran cantidad de conocimientos científicos a enseñar, que además se incrementan exponencialmente, ha conllevado la necesidad de profundizar mucho más en qué enseñar en una educación científica básica, de forma que se pueda acceder

desde ella a la comprensión de los problemas objeto de estudio de la ciencia actual. Desde la corriente francesa de investigación se ha promovido el estudio de los procesos de *transposición didáctica* desde la ciencia de los expertos a la ciencia que se enseña en el aula. También hay líneas de investigación abiertas que buscan la selección de unos pocos grandes *conceptos estructurantes* o modelos básicos, alrededor de los cuales se puedan construir y generar los demás. Es un campo de estudio abierto, cuyo reto es llegar a perfilar las características de la *ciencia escolar*.

Las dificultades en "'cambiar" las ideas alternativas del alumnado también conlleva la revisión del concepto de "cambio conceptual". Se constata que los procesos de aprendizaje de los modelos expertos, entendidos como tales, se han de considerar a largo plazo, y entonces aparece el concepto de *modelización,* entendido como un proceso de construcción de modelos explicativos de los fenómenos. Los alumnos siguen dicho proceso a lo largo de su escolaridad, y los modelos que construyen evolucionan al mismo tiempo que cambian tanto los hechos que se analizan como los conceptos y lenguajes utilizados para hablar de ellos.

Otro de los campos de investigación abiertos lo sugiere la escasa aplicación que los proyectos innovadores de enseñanza de las Ciencias encuentran en las escuelas. Se han llevaron a cabo muchas investigaciones sobre las ideas del profesorado y se constató que también tiene sus propias concepciones sobre la ciencia, sobre el aprendizaje y sobre la enseñanza, y que en función de dichas concepciones reinterpreta las orientaciones curriculares y aplica los nuevos proyectos. Consecuentemente, cualquier evaluación de la calidad de alguna propuesta pasa por analizar cómo el profesorado la ha reinterpretado, ya que, si se aplica sin cambiar las ideas que la han impulsado, no se puede concluir sobre su posible validez.

Algunas de las líneas de investigación actuales son:

- Revisión de los objetivos y los contenidos curriculares en la perspectiva de una ciencia integrada y más relacionada con los temas de la ciencia actual y con los problemas de la vida cotidiana, orientada a la formación de los estudiantes como futuros ciudadanos. Al mismo tiempo, búsqueda de las grandes ideas o modelos de la ciencia escolar a partir de los cuales construir el edificio de la ciencia.
- Consideración del aprendizaje científico como un proceso que conlleva aprender a pensar en función de teorías y modelos, más que a pensar *lógicamente.* Por ello se cuestiona que los alumnos lleguen a cambiar sus concepciones a través de actividades que promuevan el contraste entre ideas a partir de argumentaciones lógicas. La investigación se orienta más bien al análisis de los procesos de modelización que tienen lugar cuando se negocian las formas de hablar, dibujar o escribir al explicar distintos hechos. También se analiza la función del contexto en este proceso de dar sentido a la experiencia.

- Profundización en el aprendizaje como una construcción social que se realiza conjuntamente con otras personas –adultos y compañeros de clase–. En este sentido, adquieren mucha importancia todos los aspectos relacionados con el lenguaje y la comunicación de las ideas, ya que se han de compartir signos y discursos, y con las interacciones de todo tipo que se dan en el marco de un grupo.
- Valoración de la necesidad de promover la autonomía del alumnado en su aprendizaje, es decir, de enseñarlo a aprender a aprender Ciencias. Se trabaja en la línea de considerar la actividad de aprender Ciencias como una actividad científica, guiada por unos objetivos y realizada a través de una metodología que tiene como finalidad generar modelos para explicar los fenómenos observados.
- Revisión del concepto de evaluación en el aula, orientándolo especialmente a la comprensión de las razones de las dificultades del alumnado y a su regulación. En este sentido, se profundiza en cómo conseguir que sean los propios alumnos los que se autoevalúen y coevalúen a los compañeros. Paralelamente, se investiga en las características que deben reunir los sistemas de evaluación externos, qué han de evaluar, cómo y con qué finalidad, ya que se constata que estos sistemas de evalaución condicionan fuertemente qué y cómo el profesorado enseña.
- Diversificación de los recursos de enseñanza, dando una especial importancia al uso de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC), que se considera que pasarán a ser básicas en la actividad escolar. Al mismo tiempo, superación del marco aula o laboratorio escolar como los únicos relacionados con la enseñanza de las Ciencias y estudio de la función educativa de los museos, el entorno, los medios de comunicación, etc.
- Planteamiento y análisis de propuestas de formación del profesorado orientadas a promover cambios en sus concepciones sobre la ciencia, sobre el aprendizaje y sobre la enseñanza, al mismo tiempo que a impulsar nuevas prácticas y valores. Se considera que, para cambiar la enseñanza, más que nuevos currículos es necesario incidir en la formación del profesorado, ya que aquéllos son transformados y aplicados en función de las ideas que se tengan y de las rutinas adquiridas a lo largo de los años (siendo alumno o ejerciendo como enseñante).
- Valoración del aprendizaje como un proceso a largo plazo realizado en equipo, por lo que no tiene demasiado sentido analizar los resultados de la aplicación de unidades didácticas en cortos espacios de tiempo. Se investiga en los métodos de formación y de génesis de materiales didácticos en el propio centro, a partir de la colaboración de los profesores implicados en la formación de unos mismos alumnos.

Se puede resumir que en estos momentos la investigación en el campo de la Didáctica de las Ciencias dispone de un cuerpo teórico abierto, el constructivismo, que ha ido evolucionando a partir de unos principios iniciales y que continúa siendo útil y fructífero. En su marco se han ido integrando nuevos problemas surgidos de la práctica educativa de la enseñanza de las Ciencias y de otros marcos teóricos (epistemológicos, psicológicos, sociolingüísticos...). Ello no quiere decir que las *prácticas constructivistas* de actuación en el aula se hayan generalizado, ni que se puedan deducir del constructivismo normas y reglas de actuación simples que garanticen buenos resultados. En el aprendizaje influyen numerosas variables, muchas de las cuales van más allá de las que se pueden controlar a través del diseño y aplicación de un currículo para la enseñanza de unos determinados contenidos.

1.3. Aprender a enseñar Ciencias

En el ejercicio de la profesión de enseñar se interrelacionan factores derivados de los componentes científicos (la *ciencia* de la didáctica), los componentes técnicos (las *tecnologías* didácticas), los componentes personales (el *arte* de cada enseñante) y los componentes ideológicos (los *valores*):

- Como ya se ha indicado, los *conocimientos científicos* generados a partir de la investigación en Didáctica de las Ciencias son cada vez mayores, y no tiene sentido enseñar sólo basándose en la experiencia o el sentido común. De la misma forma que para ejercer la medicina nadie cuestiona que se tengan que conocer las teorías aceptadas por la comunidad de médicos, ya que sería absurdo dejarse guiar sólo por la intuición y las prácticas tradicionales, para ejercer la enseñanza también es necesario conocer las teorías generadas a partir de la investigación, aunque evidentemente éstas no explican totalmente los problemas que se generan ahora, ni los del futuro.
- Los *conocimientos tecnológicos* son importantes, ya que la enseñanza es una profesión que necesita aplicar técnicas y utilizar una gran variedad de recursos. Estas técnicas y recursos van cambiando en función del desarrollo de la tecnología y de los nuevos marcos teóricos, aunque una misma técnica se puede aplicar en modelos de enseñanza bien distintos.
- El *arte* de cada enseñante, su capacidad de comunicación y empatía, son otras de las variables tradicionalmente reconocidas como muy importantes en la enseñanza, de forma que muchas veces se las considera como las únicas a tener en cuenta. A menudo incluso se cree que estas características son innatas, pero, aunque hay personas que han desarrollado estas capacidades de forma autónoma, no hay duda de que también se pueden aprender a partir de procesos de enseñanza.

- La *ideología* también condiciona fuertemente el desarrollo de la profesión. Las creencias, los valores y los ideales influyen en la selección de los contenidos que se priorizan, en el tipo de atención a los alumnos con dificultades de aprendizaje o que no quieren aprender, en la potenciación del trabajo cooperativo o de la competencia, en la finalidad que se da a la evaluación, en la apuesta por métodos innovadores o por los tradicionales, etc. La enseñanza no es neutra.

La formación necesaria para ejercer con competencia la profesión de enseñar Ciencias es pues compleja. Es evidente que se necesitan conocimientos científicos sólidos en relación con los contenidos a enseñar, así como conocimientos didácticos tanto de tipo teórico como práctico. Estos conocimientos didácticos son a su vez síntesis de campos de estudio muy diversos (figura 1.1), ya que para la formulación de sus conceptos se parte, entre otros, de:

- Cada una de las disciplinas científicas, que tienen una problemática y una estructura específica.
- La Historia y la Epistemología de la Ciencia, que explican la génesis, el desarrollo y la evolución del conocimiento científico.
- La Psicología de la Educación que aporta el conocimiento sobre cómo aprenden los individuos.

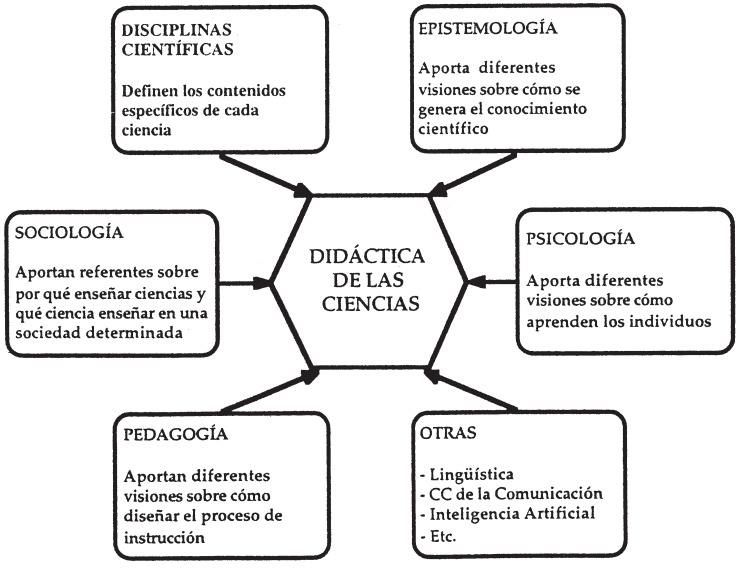


Figura 1.1. La Didáctica de las Ciencias: un campo de estudio multidisciplinar.

- La Pedagogía, que profundiza en el análisis de las relaciones entre enseñanza y aprendizaje en el marco de las instituciones educativas y fuera de ellas.
- La Sociología, que aporta el análisis de los factores sociales en la construcción del saber, así como conocimientos acerca de la interdependencia entre Ciencias y Sociedad, y entre Sociedad y Educación.
- La Sociolingüística, que aporta el conocimiento sobre las características del discurso de la ciencia y en el aula.
- Las Ciencias de la Comunicación, ya que la educación es fundamentalmente un proceso comunicativo.

La Didáctica de las Ciencias no se puede reducir a una simple yuxtaposición o suma de conocimientos provenientes de estas disciplinas sino que, fruto de la interrelación entre ellas con el objetivo de resolver el problema de enseñar ciencias, se configura como un campo de conocimiento específico.

Pero aprender a enseñar Ciencias no consiste en conocer unas ideas para aplicarlas tal cual. Por un lado, porque no existen (ni existirán) reglas generales aplicables a cualquier situación. Por otro lado, porque, al ser la enseñanza una profesión que todos los profesores han experimentado como estudiantes, todos ellos tienen sus propios puntos de vista o modelos sobre cómo es mejor enseñar Ciencias, e incluso qué técnicas y recursos aplicar. Generalmente, estos modelos responden a problemáticas de enseñanza que no se corresponden con la realidad actual de la escuela, por lo que muchas veces la formación implica cambiarlos.

El aprendizaje de la profesión de enseñar Ciencias comporta, pues, reconstruir críticamente los propios puntos de vista sobre la ciencia, sobre su aprendizaje y sobre su enseñanza, revisar los valores que los sustentan y desarrollar un buen número de habilidades que posibiliten tomar las decisiones de enseñanza más adecuadas a las necesidades de unos determinados alumnos y alumnas.

1.4. Objetos de estudio de la Didáctica de las Ciencias

El problema básico que se plantea la Didáctica de las Ciencias es cómo enseñar Ciencias significativamente, es decir, cómo promover que la cultura científica generada a través de los siglos pueda ser comprendida por la población, se sepa aplicar y se pueda continuar generando. Ello implica, fundamentalmente, responder a las cuatro preguntas que configuran el currículo: ¿qué enseñar?, ¿cuándo enseñar?, ¿cómo enseñar?, y ¿cómo evaluar los resultados?

Se podría pensar que para responder a estas preguntas sólo es necesario diseñar un proyecto, comprobar su validez y aplicarlo en todas las aulas y en todo momento (sólo si la ciencia varía, debería variar el diseño). Sin embargo, las situaciones de

enseñanza-aprendizaje son muy distintas y cambiantes, por lo que es difícil llegar a decidir cuál o cuáles de los factores de los que depende un aprendizaje son los más significativos. Más bien actúan interrelacionándose de forma que el sistema evoluciona a partir de todos ellos. En cada grupo-clase y en cada aprendizaje influyen, además del tipo de contenido a enseñar y de las características del grupo, variables como el tiempo y el material disponible, el espacio, qué se ha hecho en la clase anterior, el horario, el tiempo atmosférico, las características de la escuela y del equipo de profesores, etc., por lo que unas mismas actividades de aprendizaje pueden dar lugar a resultados muy diversos.

En consecuencia, tal como señalan Johsua y Dupin (1983), las *leyes de la didáctica* que se puedan enunciar se refieren más a las cosas que no pueden suceder (constricciones) que a las que deberían suceder (prescripciones). La búsqueda de estas constricciones conlleva una reflexión en distintos campos, especialmente en relación a (figura 1.2):

a) La ciencia a enseñar.
b) Cómo los estudiantes aprenden Ciencias.
c) Cómo el enseñante debería actuar.

a) La **ciencia a enseñar**, las distintas disciplinas científicas llamadas también Ciencias de la Naturaleza, son el punto de partida y condicionan la respuesta a las otras preguntas. Anteriormente, se pensaba que la ciencia de referencia daba directamente la respuesta a la pregunta sobre ¿qué enseñar? y a todo el problema de la enseñanza científica, ya que se opinaba que *con saber de la materia, bastaba*. Pero los conocimientos que se enseñan no son nunca exactamente los de la ciencia experta, por lo que se puede hablar de una *ciencia escolar,* resultado de procesos de transposición didáctica. La Didáctica de las Ciencias tiene como finalidad analizar los criterios y las constricciones que hay detrás de las distintas transposiciones didácticas aplicadas en libros de texto y en las aulas, criterios que se han de conocer para poder tomar decisiones.

Además, para poder responder a la pregunta sobre *qué enseñar,* se debe profundizar en el *para qué enseñar ciencias.* La democratización de la sociedad y los cambios sociales y económicos han hecho que esta pregunta tenga respuestas muy distintas a las que se daban hace relativamente pocos años. El objetivo de la enseñanza de las Ciencias ya no es solamente preparar a los que en el futuro serán estudiantes universitarios de ciencias, sino a todos los ciudadanos en general, por lo que se tienen que revisar a fondo planteamientos tradicionales.

Cualquir propuesta que se haga tiene que profundizar en la *visión de ciencia* implícita, qué se entiende por esta forma de cultura y cómo se genera. Los estudios sobre Epistemología de la Ciencia ponen en cuestión los puntos de vista positivistas que,

en cambio, son la base de muchos programas de ciencias. Por ello, los modelos de enseñanza de las Ciencias innovadores tienen que plantearse su grado de coherencia con los modelos epistemológicos vigentes.

Estas temáticas se desarrollan en la parte I de este libro.

b) **Cómo los estudiantes aprenden Ciencias**, es decir, cómo influye en la construcción de su conocimiento científico la forma de percibir los hechos, sus razonamientos, sus sentimientos y actitudes, las interacciones con otras personas y con la cultura, su contexto, etc.

Anteriormente, se pensaba que, si se proporcionaba al estudiante una buena información y observaciones estimulantes (y si él o ella se aplicaban en el estudio), el saber se construía sin ninguna dificultad. Pero hoy sabemos que la apropiación del conocimiento científico establecido a lo largo de siglos no es un proceso tan simple, ni tan lineal. Las personas construyen, al margen de la escuela, ideas de *sentido común* o *ideas alternativas*, y la apropiación del conocimiento científico requiere llevar a cabo reestructuraciones en la forma de pensar que no son espontáneas ni fáciles.

Para aprender Ciencias se necesita cambiar las formas de percibir los fenómenos, de hablar sobre ellos, de razonar, e incluso de sentir. Entre las condiciones que pueden favorecer estos cambios y reestructuraciones es importante destacar las que tienen que ver con los procesos de autorregulación, ya que es el propio alumno el que ha de aprender a reconocer las incoherencias y a regularlas.

Estas temáticas se desarrollan en la parte II de este libro.

c) **Cómo enseñar** para favorecer el aprendizaje de las Ciencias y, por tanto, qué actividades promover y por qué.

Los alumnos construyen sus ideas de ciencia a partir de su actividad, que sin duda ha de ser coherente con la actividad científica. Por ello, no tienen sentido los modelos basados sólo en la explicación del profesorado y en la realización de ejercicios de aplicación. Para aprender, el alumnado debe y puede llevar a cabo un gran número de tareas diversas, y el profesorado ha de conocer muchas técnicas y recursos. Pero estas actividades se han de *seleccionar, organizar* y *secuenciar* en función de criterios fundamentados en modelos didácticos. No existe un modelo de enseñanza que se pueda aplicar de forma que queden garantizados unos buenos resultados. Se sabe, en cambio, qué ideas y prácticas no sirven.

Por su especificidad en la enseñanza científica, las actividades de tipo experimental y de resolución de problemas son objeto fundamental de la investigación en Didáctica de las Ciencias. Pero, para enseñar, también se debe profundizar en la función de las explicaciones del profesorado, en cómo utilizar los recursos informáticos y audiovisuales o en el interés de distintos instrumentos didácticos.

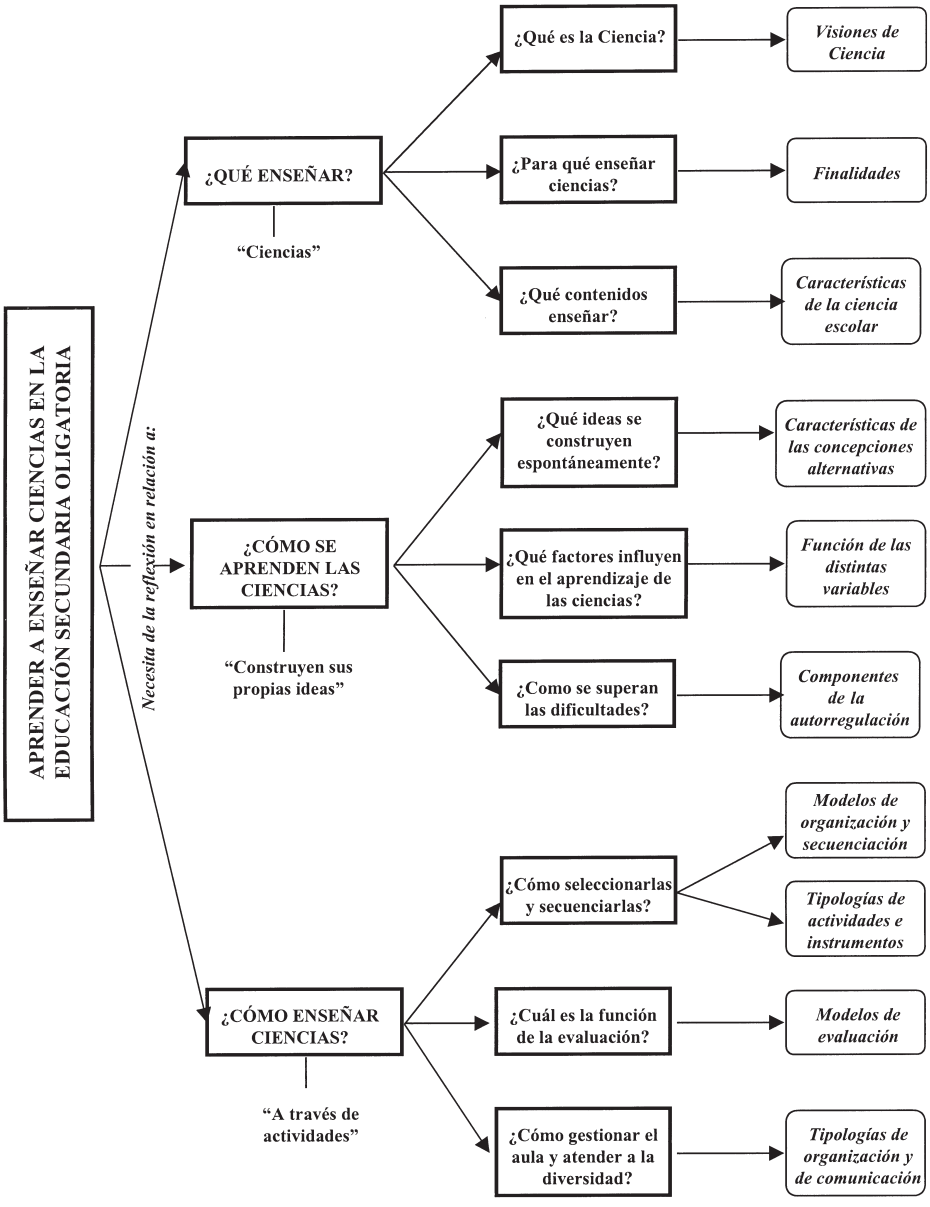


Figura 1.2. Enseñar Ciencias en la ESO.

Entre las actividades que los estudiantes llevan a cabo a lo largo de su aprendizaje son especialmente importantes las de *evaluación,* tanto desde el punto de vista de su función de detección y regulación de dificultades y errores, como del conocimiento de los resultados de los procesos de aprendizaje y de enseñanza. Las decisiones que toma el profesorado en relación a ellas condicionan fuertemente todo el aprendizaje de sus alumnos.

Por último, también es objeto de estudio de la Didáctica de las Ciencias todo lo referido a la *gestión del aula* y a la organización del trabajo para atender a la diversidad de intereses y de necesidades. El clima del aula es un condicionante muy importante del aprendizaje, y para enseñar ciencias es necesario tomar decisiones que favorezcan la institucionalización de formas gratificantes de comunicación y de trabajo.

Estas temáticas se desarrollan en la parte III de este libro.

Parte I

¿Qué ciencia enseñar?

2
¿Cuál es la naturaleza de la ciencia?

En torno a esta pregunta hay un debate abierto entre personas dedicadas a la Filosofía, Historia de la Ciencia, Sociología del conocimiento, Psicología cognitiva e, incluso, a la Didáctica de la Ciencia, las cuales han elaborado diferentes respuestas a preguntas del tipo: ¿Cómo se genera la ciencia? ¿Cómo se sabe que un determinado conocimiento es científico y otro no? ¿Qué relación hay entre la observación y la teoría, y entre la experimentación y el descubrimiento del conocimiento?

Este tipo de cuestiones interesan al profesorado tanto para tomar conciencia sobre qué es lo que enseña, como para reflexionar sobre las posibles relaciones entre la génesis del conocimiento científico a lo largo de la historia y en los propios estudiantes.

Toda persona tiene su propia visión de la ciencia, generalmente implícita, y raramente toma conciencia de ella ni duda de su posible idoneidad. Sin embargo, el conocimiento de lo que es la ciencia ha evolucionado a lo largo de los siglos, y no se corresponde demasiado con las ideas de la mayoría de la población. Por ello, es importante que los enseñantes tengan un conocimiento de los diversos puntos de vista actuales y, en función de ellos, reconozcan la complejidad de la ayuda que el alumnado necesita para poder aprender Ciencias.

2.1. Ideas espontáneas en relación con la naturaleza de la ciencia

En un anuncio en televisión sobre detergentes aparece un señor con una bata blanca en un ambiente de laboratorio. El personaje dice que un determinado producto "lava más blanco" y ha habido experimentos que lo demuestran. ¿Qué visión de la ciencia se oculta tras dicho anuncio? Se podría inferir que el anuncio no enga-

ña porque se corresponde con una ciencia "verdad", demostrada por la experimentación y enunciada por un hombre –casi nunca por una mujer–, y no está influenciado por nada que no esté avalado por la ciencia.

Esta visión, aunque estereotipada, coincide bastante con la idea más extendida de las características del conocimiento científico. Como puede verse, asocia conceptos, procedimientos o formas de trabajo y valores, y se refleja constantemente en los medios de comunicación, en las conversaciones, en el trabajo y en la escuela.

2.1.1. ¿Cuál es la visión de la ciencia que tienen los profesores de Ciencias?

Los profesores no son ajenos a estas ideas espontáneas. Numerosos estudios demuestran que, cuando se pregunta al profesorado sobre su concepción de ciencia, las respuestas revelan un modelo básicamente empírico (la observación y la experimentación es la que genera el conocimiento), muy vinculado a la idea de objetividad en la recogida de datos y a la existencia de un método de trabajo: el "método científico". Así, por ejemplo, se dice que "la ciencia es la búsqueda de la verdad a través de la observación y el análisis de los fenómenos naturales", o que "la ciencia se ha de basar en hechos comprobados". O bien que "la ciencia es probar hipótesis utilizando el método científico".

Estas ideas se correlacionan a menudo con la visión idealizada sobre cómo deberían ser unas buenas clases de Ciencias. Por ejemplo, una parte de los futuros profesores escriben:

> Para mí, una buena clase de Ciencias es aquella en la que los alumnos observan cosas que suceden en su entorno, se plantean preguntas e investigan cómo dar respuesta a estas preguntas. Todo ello con la ayuda del profesor y consultando libros, no sólo los de texto. Pienso que es muy importante motivar a los estudiantes respondiendo a sus preguntas utilizando palabras que entiendan y explicando con la ayuda de muchos ejemplos y anécdotas... (Carles, CAP, CCNN).

El dibujo de un futuro profesor, reproducido en la figura 2.1, refleja también este punto de vista. En él se puede comprobar su idea de que el conocimiento se genera observando –supone que, mirando con una lupa, los alumnos "descubrirán" que algo es un *ser vivo*– y que, consecuentemente, su función básica como profesor será la de animador de la observación y la experimentación. La función de las teorías en la génesis del conocimiento científico no se tiene en cuenta. Aunque esta estudiante ya ha oído hablar de las "ideas previas", incorpora esta noción a su esquema sin cambiar su visión de la ciencia (las ideas previas las debe tener en cuenta el profesor al enseñar, pero no influyen en el resultado de las observaciones que se estimula que realicen los alumnos).

Figura 2.1. Ideas espontáneas sobre cómo enseñar Ciencias.

Por otro lado, en las clases de la mayoría del profesorado de Ciencias se observa que distan mucho del modelo preconizado verbalmente. Generalmente, se basan en la transmisión de un conocimiento que se da como indiscutible, y la función de la observación y de la experimentación es sólo comprobar la "verdad" explicada (figura 2.2). Los futuros profesores idealizan este tipo de clases cuando escriben:

> En una clase de Ciencias, primero que todo, debería haber una parte teórica en la que el profesor diera unas bases para que el alumno pudiera realizar una parte práctica. En esta primera parte, el profesor no debería dictar la lección sino explicar de una forma ordenada y con esquemas claros y precisos los conceptos que puedan ser de utilidad para el alumno [...]. Una vez vista la parte teórica, faltaría una segunda parte de tipo práctico, donde los estudiantes pudieran ver aplicado lo que antes se ha explicado [...] (Joan, CAP, FQ).

Tanto en la verbalización de la clase ideal como en la práctica de aula, subyace una imagen común de la ciencia basada en determinados principios, que se analizan críticamente más adelante en este texto, como los siguientes:

- El conocimiento científico no es problemático, es neutral, y no está influenciado por las ideologías u otros factores sociales.
- La ciencia provee respuestas correctas sobre los fenómenos de la naturaleza, todo aquello que es aceptado como "científico" es verdadero, exacto e infalible.
- El conocimiento científico se ha descubierto a través de la experimentación. A partir de ella se generan las explicaciones o teorías que se reproducen en los libros de texto.
- Para escoger entre la interpretación correcta y la incorrecta de los fenómenos naturales se necesita aplicar un razonamiento de tipo lógico en función de los datos objetivos recogidos. Las teorías son fruto de la racionalidad humana.
- El conocimiento científico es un tipo de conocimiento superior a todos los demás, propio sólo de las mentes más privilegiadas.

Figura 2.2. Modelo de clase magistral.

Estos planteamientos, aunque poco explícitos, se pueden identificar mayoritariamente en las propuestas didácticas elaboradas para enseñar Ciencias. Muchas veces se aplican nuevas metodologías e instrumentos sin poner en cuestión la visión que se tiene sobre la ciencia, con lo que los cambios son sólo superficiales. Por ello, innovar en la enseñanza de las ciencias pasa necesariamente por la revisión de las ideas sobre qué es la ciencia.

En el cuadro 2.1 se proponen algunas cuestiones para identificar la propia visión de la ciencia.

Cuadro 2.1. *Cuestionario sobre la visión de la ciencia.*

¿Cuál es nuestra visión de la ciencia?

1. ¿Cómo explicar que antes de Copérnico los astrónomos dijeran que el Sol daba vueltas alrededor de la Tierra y, después de él, opinaran lo contrario?
2. Antes de la revolución del siglo XVII la astrología y la alquimia estaban integradas en las ciencias "académicas" oficiales, pero después fueron refutadas porque se consideraban "seudociencias". ¿Qué argumento puede explicar mejor este hecho histórico?:

   a) Por aquel entonces la ciencia todavía no estaba basada en la observación y la experimentación.
   b) En aquel momento los prejuicios, las supersticiones y las expectativas irracionales todavía dominaban el pensamiento de la gente corriente e incluso la de los científicos.
   c) Cada época tiene su propia ciencia, sus referentes culturales, sus criterios científicos para describir e interpretar fenómenos.
   d) De hecho la astronomía y la química modernas son el producto de la antigua astrología y alquimia. El paso de unas a otras fue gradual.
   e) La astrología y la alquimia todavía no eran "ciencias": la ciencia nació precisamente en el siglo XVII a raíz de la revolución científica.
   f) El progreso científico implica que se cambien los intereses y se tengan diferentes sensibilidades hacia tipos de fenómenos particulares. La gente olvida las prácticas tradicionales que han demostrado su efectividad durante mucho tiempo.
   g) Otro punto de vista: .....

3. ¿Cuáles de las siguientes afirmaciones pueden ser aceptadas como pertenecientes al discurso científico? ¿Cómo justificamos nuestra respuesta?:

   a) Las mujeres que han nacido bajo el signo de escorpión tienden a ser agresivas.
   b) La suma de los ángulos del interior de un triángulo es 180°.
   c) El desarrollo de los seres vivos se puede explicar con el "principio vital".
   d) El servicio meteorológico ha dicho que el próximo fin de semana lloverá.
   e) El "inconsciente" es un concepto que explica la conducta humana.
   f) Es mejor embotellar vino los días de Luna llena.
   g) La inteligencia está determinada genéticamente.
   h) La evolución de los seres vivos se debe a mutaciones accidentales y a la consiguiente selección natural.

4. De entre los siguientes factores, ¿cuáles consideramos que tienen más importancia en la evolución del conocimiento científico e inducen a cambios radicales en la manera como los científicos describen o explican los fenómenos?:

   a) El descubrimiento de nuevos datos empíricos.
   b) Cambios en el contexto socioeconómico.
   c) Cambios en el contexto cultural.
   d) Mejoras tecnológicas.
   e) Factores psicológicos, irracionales, metafísicos.
   f) Críticas racionales sobre las limitaciones de las anteriores concepciones.

5. Entre los siguientes adjetivos, qué grupo de 5 (y no más) escogeríamos como los que mejor califican el conocimiento científico: cierto, aproximado, probable, riguroso, empírico, objetivo, coherente, útil, demostrable, subjetivo, verificable, teórico, crítico, sistemático, racional, poderoso, imparcial, intuitivo, convencional, lógico.

Fuente: Adaptado de M. Vicentini, 1996.

2.1.2. *Y el alumnado, ¿qué visión tiene de la ciencia?*

Los estudiantes también tienen su propia visión de la ciencia y de los científicos, que es fruto tanto de la enseñanza recibida en la propia escuela como del hecho de vivir en un contexto en el que priman concepciones de la ciencia muy estereotipadas. La escuela, normalmente, tiende más a reproducir estas concepciones que a renovar y a construir otros puntos de vista.

Las descripciones y dibujos del alumnado sobre una persona dedicada a la ciencia (mayoritariamente sólo se piensa en hombres), ilustran bastante sobre la percepción que tienen de su trabajo. Sorprende cómo estudiantes de 2.º de ESO verbalizan puntos de vista como (Tarín y Sanmartí, 1998):

> Un científico es una persona muy inteligente y bastante seria en su trabajo. Va vestida con una bata blanca y tiene instrumentos. Normalmente trabaja en una habitación solo y no le gusta salir a divertirse. Es una persona con mucha paciencia y con mucho cuidado de las cosas (Esther, 14 años).
>
> La persona científica es de constitución poco fuerte, no muy alta. De pelo corto y de unos 50 años. Es un poco tímido y le gusta que le pregunten las cosas que sabe. Tiene un buen nivel de sabiduría y normalmente va vestido con una bata blanca (Marta, 12 años).
>
> Yo al científico me lo imagino rubio con los ojos como platos y de color negro, las cejas juntas y de raza blanca. Un hombre alto y delgado. Sería un poco calvo, con bigote. Por último tendría más de 45 años y sería muy intelectual (Víctor, 14 años).

De la misma forma son significativos los valores que asocian al trabajo en el campo de la ciencia:

> Un científico tiene que ser paciente, porque, si al principio no le sale el experimento que está haciendo, no lo tiene que dejar y decir que no se puede hacer, sino tener paciencia y si es necesario hacerlo las veces que haga falta.
>
> Creo que un científico tiene que ser trabajador porque este oficio no tiene horarios y, aunque sea muy tarde, debe saber que no puede dejar a medias el trabajo que está haciendo y lo tiene que acabar.
>
> Ha de ser un persona con interés por mejorar lo que está haciendo y tiene que tener interés por descubrir fórmulas nuevas que ayuden a la humanidad (Laura, 13 años).

En general, estas percepciones están muy arraigadas y constituyen uno de los obstáculos que dificultan el aprendizaje del alumnado. Un enseñante que quiera plantear otros puntos de vista se encuentra a menudo con resistencias difíciles de afrontar. Por ejemplo, los estudiantes creen que:

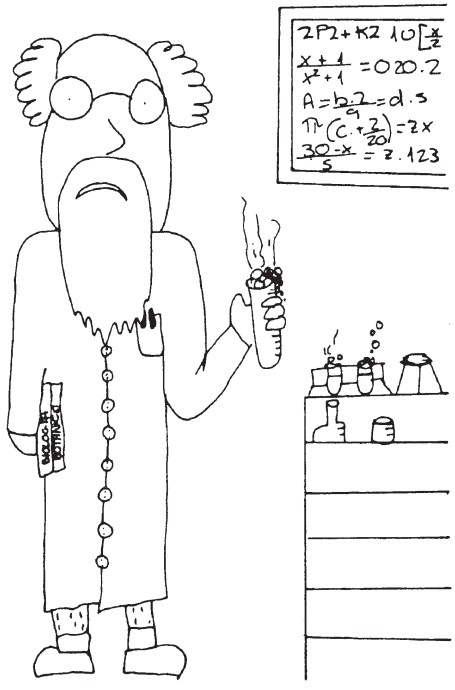


Figura 2.3. Imagen más extendida que los alumnos tienen sobre un profesor de Ciencias.

- Las Ciencias, especialmente la Física y la Química, son un conocimiento muy difícil, al alcance sólo de los más capacitados de la clase.
- Lo que dice el libro de texto (y lo que dice el profesorado) es una "verdad" indiscutible, que hay que saber repetir tal cual.
- Las ciencias son un conjunto de fórmulas, ecuaciones y términos que no tienen nada que ver con la vida cotidiana. Sirven sólo para aquellas personas que deseen continuar estudiando Ciencias.
- La "experimentación" y la "teoría" son dos actividades totalmente diferenciadas. Lo que se observa es "real", fiable y nos dice cómo suceden los fenómenos. Lo que se piensa, en cambio, son "cosas" ideadas por los científicos que es necesario conocer para entrar en su mundo (y para aprobar), pero que no tiene demasiada relación con los hechos observados.
- La ciencia está formada por un conjunto de compartimentos poco relacionados entre sí: Física, Química, Biología y Geología, y a su vez: mecánica, óptica, teoría atómica, química orgánica, genética, botánica, petrografía...

Conseguir que los estudiantes aprendan ciencia comporta a menudo cambiar su concepción de qué es ciencia y cómo se aprende. Sin este cambio, todo aquello que se hace en el aula puede no tener sentido para los alumnos. Así pues, una finalidad del trabajo del profesor o profesora será promover que los estudiantes duden acerca de sus concepciones que, por otro lado, generalmente son implícitas. En el cuadro 2.2 se reproduce una actividad planteada en el contexto de una unidad didáctica orientada al aprendizaje de los valores de la ciencia.

Cuadro 2.2. *Actividad de aprendizaje de los valores de la ciencia.*

Imagen de la ciencia en nuestro contexto

En una clase de 2.º de ESO, en la que los estudiantes trabajaban sobre los valores asociados a la ciencia, una de las actividades consistió en elaborar una encuesta para saber cuál era la imagen que sus familiares y vecinos tenían de la ciencia.

La discusión sobre los resultados y sobre sus propios puntos de vista fue una de las actividades planteadas por la profesora para promover que el alumnado tomara conciencia de ciertos estereotipos acerca de la ciencia y de posibles alternativas.

Encuesta elaborada

1. Si una cosa la dice una persona científica, ¿es cierta?
2. Si una persona científica dice que un detergente "limpia más blanco" que otro, ¿seguro que es cierto?
3. ¿Lo más importante de una persona científica es hacer experimentos en el laboratorio?
4. ¿Lo que hay escrito en un libro de ciencias es siempre verdad?
5. ¿La astrología es una ciencia que nos ayuda a entender cómo somos?
6. ¿La serie televisiva "Expediente X" es una serie científica?
7. ¿La ciencia es responsable de los problemas ambientales?
8. ¿La ciencia permite mejorar la calidad de vida?

Fuente: Tarín y Sanmartí, 1998.

2.2. ¿Qué sabemos sobre la naturaleza de la ciencia?

> Los científicos están acostumbrados a tratar con la duda y la incertidumbre. Todo conocimiento científico es incierto. Esta experiencia con la duda y la incertidumbre es importante. Creo que tiene mucho valor, un valor que se extiende más allá de las ciencias (Richard Feynman, *Qué significa todo eso.* Crítica, 1999: 37).

En los últimos años se han escrito numerosos libros y artículos que analizan las diferentes posiciones en relación con la naturaleza de la ciencia. Se pueden encontrar muchas

clasificaciones, todas ellas interesantes. Para los objetivos de estas reflexiones nos ha parecido útil partir de la propuesta de Duschl (1994) que, al analizar la evolución de las distintas concepciones de ciencia, diferencia entre los puntos de vista tradicionales, la Nueva Filosofía de la Ciencia y el giro cognitivo en la Nueva Filosofía de la Ciencia.

A) Los puntos de vista tradicionales

Se consideran puntos de vista tradicionales de la naturaleza de la ciencia aquellos que asocian la génesis del conocimiento científico a la observación-experimentación y/o a la racionalidad del pensamiento humano.

Son posiciones empiricistas y lógicas que se fundamentan, por un lado, en la separación entre las observaciones y las teorías y, por el otro, en el papel de la lógica en la justificación de las observaciones.

Ya en el siglo XVII el debate estaba centrado entre los empiristas y los racionalistas. Ambos consideraban que la naturaleza humana tenía algo que permitía progresar en el conocimiento. Bacon (1561-1626), considerado como el padre de los empiristas, defendía que la ciencia avanzaba gracias a la capacidad del hombre para observar a través de los sentidos, a la posibilidad de hacer observaciones *objetivas* e inducciones.

Descartes (1596-1650), en cambio, en su *Discurso del método* defiende la capacidad humana de pensar como el verdadero motor del progreso en el conocimiento. Considera que a través de razonamientos lógicos, combinando juicios o proposiciones, se puede llegar a los cimientos del conocimiento. Si una persona razona cuidadosamente, estos juicios llegan a ser verdaderos. Un ejemplo clásico de esta forma de llegar al conocimiento es la geometría euclidiana, en la que se parte de axiomas como, por ejemplo, el famoso *dados dos puntos, sólo se puede dibujar una línea recta que los una*, de los cuales se deducen todos los teoremas. Aun así, es interesante constatar que casi toda la física racionalista de Descartes resultó ser falsa.

Un nuevo paso, y muy fundamental, en la discusión sobre cómo se genera la ciencia lo dio Galileo (1564-1642) con su propuesta de realización de experimentos. En un experimento se crea una situación artificial en la que se observan regularidades que se identifican como leyes científicas. Es decir, se parte de una hipótesis deducida de teorías previas y se hacen observaciones en las que se seleccionan y combinan unas variables, las que se consideran significativas, y se descartan otras. Así, por ejemplo, para estudiar el fenómeno de la caída de los cuerpos, Galileo prescinde del rozamiento del aire, es decir, crea unas condiciones ideales para estudiar el fenómeno ignorando una variable que, en cambio, cuando se experimenta en condiciones naturales, siempre está presente.

Por tanto, en el método experimental no sólo deben hacerse observaciones *objetivas*, sino que deben ser apropiadas al objeto del estudio. Estos experimentos tam-

bién pueden ser mentales, es decir, pueden desarrollar razonamientos sobre lo que ocurriría si se hiciesen. De hecho, se cree que buena parte de los experimentos diseñados por Galileo fueron de este tipo, y en sus escritos los analiza como base de la argumentación de sus conclusiones.

A principios del siglo XX, después de una época en la que emergieron un gran número de nuevas teorías que significaban cambios importantes en relación con los planteamientos anteriores (como la teoría de la evolución, los estudios en el campo de la termodinámica, la teoría cinético-molecular, etc.), los filósofos adscritos al llamado *Círculo de Viena* promovieron la corriente conocida como positivista. Pretendían desarrollar reglas lógicas consistentes que permitieran decidir que unas afirmaciones teóricas se derivan de unas determinadas afirmaciones observacionales. Estas reglas se sintetizaban en el llamado *método científico* y se consideraba que si éste se aplicaba de forma rigurosa se garantizaba que sus conclusiones serían incuestionables.

Fue el momento álgido de la ciencia, que llevó a considerar que todo aquello que pudiera ser adjetivado como científico tenía la patente de verdadero, de indiscutible. Éste es aún el punto de vista mayoritario entre buena parte de la población.

B) La Nueva Filosofía de la Ciencia

La llamada Nueva Filosofía de la Ciencia surgió en los años cincuenta al poner en duda, primero, la relación entre la experimentación y la génesis de nuevas teorías científicas y, posteriormente, la racionalidad de la ciencia. La confrontación entre, por un lado, una visión de la ciencia objetiva, racional y rigurosa y, por el otro, el estudio sobre cómo el conocimiento se ha ido generando realmente a través de la historia, hizo surgir numerosos interrogantes.

La idea básica desarrollada fue que el conocimiento científico está condicionado por las perspectivas teóricas de los que investigan o de la comunidad de investigadores.

Aun así, se pueden encontrar diferentes aproximaciones. Por ejemplo los epistemólogos, que continúan defendiendo la racionalidad, con diferentes variantes, como motor del progreso de la ciencia. Éste es el caso de Popper, Lakatos o Laudan. O bien los que, como Kuhn, opinan que los cambios son fruto básicamente de condicionamientos sociales. Incluso hay quien considera, por ejemplo Feyerabend, que no hay ningún indicio de racionalidad ni ningún método en el progreso de la ciencia.

Los falsacionistas, entre los que se cuenta también Karl Popper, admiten que la observación es guiada por la teoría y la presupone, pero que se puede decidir racionalmente si una teoría es mejor que otra:

> Las teorías se constituyen como conjeturas o suposiciones especulativas y provisionales que el intelecto humano crea libremente en el intento de solucionar los

> problemas con que tropezaron las teorías anteriores y de proporcionar una explicación adecuada del comportamiento de algunos aspectos del mundo. Una vez propuestas las teorías especulativas han de ser comprobadas rigurosa e implacablemente por la observación y la experimentación. Las teorías que no superan las pruebas observacionales y experimentales deben ser eliminadas por otras conjeturas especulativas... Sólo sobreviven las teorías más aptas. Aunque nunca se pueda decir lícitamente que una teoría es verdadera, se puede decir con optimismo que es la mejor disponible, que es mejor que cualquiera de las que han existido antes (Alan Chalmers, *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Siglo XXI, 1982: 58).

La célebre frase de Popper "Mil experimentos no confirman una teoría, uno solo la hace falsa", ilustra este punto de vista. Es interesante comprobar cómo algunos alumnos tienden a pensar descartando afirmaciones antes que confirmándolas (véase el cuadro 2.3). Estos estudiantes acostumbran a tener un buen nivel de éxito en su aprendizaje de la ciencia, por lo que se considera que es un tipo de pensamiento a promover en las clases de Ciencias. Por ejemplo, será importante plantear las cuestiones de forma que los estudiantes tengan que pensar en argumentos que contradigan una determinada afirmación, más que en otros que la confirmen.

Cuadro 2.3. *Ejemplos de respuestas de estudiantes descartando opciones.*

1. "Mezclamos con agua un material en polvo de color gris y filtramos la mezcla. En el papel de filtro queda una sustancia de color negro y, después de evaporarse el líquido filtrado, queda un residuo de color blanco. El material original de color gris, ¿qué crees que era?

   a) una mezcla *b)* un compuesto *c)* un elemento

   ¿Por qué has elegido esta respuesta?

   Respuesta: *Porque si solamente filtrándolo ya se ha separado, no puede ser un compuesto, y si se obtienen cosas distintas no puede ser un elemento. Por tanto, seguramente será una mezcla (2.º ESO).*
2. "Una pareja –la familia Roca– dice que en la maternidad se han confundido y que les han dado un niño que es de otros padres –la familia Pons–.¿Tienen razón?"
   (Se da el grupo sanguíneo de la pareja Roca y de la pareja Pons y de los dos niños.)

   Respuesta: *Si el niño que tiene la familia Roca, con el grupo sanguíneo O, fuera hijo de la familia Pons, el niño tendría que haber heredado del hombre y de la mujer Pons un alelo "i" de cada uno, ya que el grupo O consta de dos alelos "i" recesivos, y en consecuencia no puede ser, ya que el hombre de la familia Pons tiene el grupo sanguíneo AB, y en este grupo no consta ningún alelo "i", por tanto no puede haber transferido ningún alelo "i" recesivo a su hijo. Si nos fijamos en la otra familia, la Roca, el hombre puede ser heterozigoto con los alelos "IA" e "i" y la mujer, sin duda, tiene los alelos "i,i", por lo cual con toda seguridad puede ser su hijo. La familia Roca tiene razón.*

Fuente pregunta 2: Pilar García, IES Joan Oliver, Sabadell, 1998.

En las aproximaciones menos racionales de la Nueva Filosofía de la Ciencia, como en el caso de Thomas Kuhn, tienen mucha importancia los estudios del campo de la Historia y de la Sociología de la Ciencia, que ponen de manifiesto la relevancia de los factores sociales en el desarrollo científico. Desde este campo de estudio, se aborda la influencia de factores económicos, ideológicos, de prestigio y de competencia entre grupos de investigación en la decisión sobre cuáles son los problemas objeto de "avance científico" y en la valoración de los resultados que se van obteniendo.

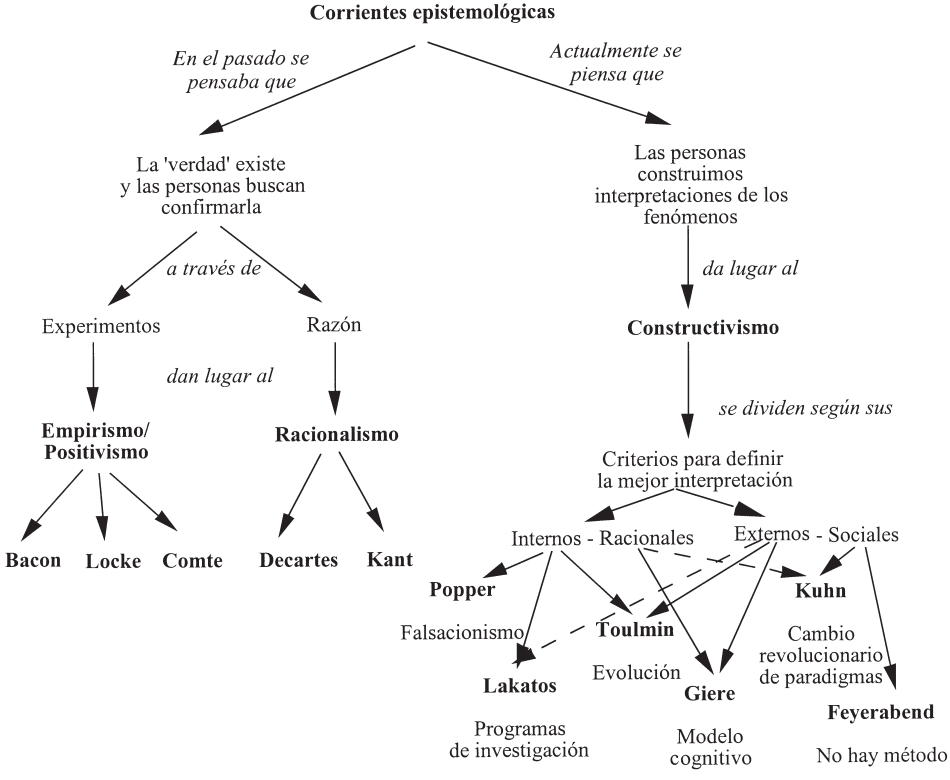


Figura 2.4. Esquema clasificatorio de las escuelas de pensamiento en Filosofía de la Ciencia (adaptado de Nussbaum, 1989).

El abandono de una teoría por otra no se puede explicar sólo por la realización de observaciones y experimentaciones más cuidadosas y sistemáticas, o por la falsa-

ción de conjeturas. Una teoría es más que una suma de conceptos: es una estructura. Adherirse a una nueva teoría implica en cierta manera una "conversión": influye en la persona o grupo que intenta convencer (tanto o más que sus argumentos), el futuro que deja entrever, las posibilidades de trabajo..., lo cual no es ajeno al proceso de aprender en el marco de un grupo-clase.

Es especialmente importante resaltar el cambio de perspectiva que representó considerar el conocimiento científico como una *construcción* humana. Hasta ese momento se consideraba que la "verdad" existía y que los científicos buscaban desvelarla y confirmarla. En cambio, los nuevos planteamientos introducen la idea de que la ciencia *construye* interpretaciones de los fenómenos, *modelos* (figura 2.4). Por ello, se habla de una visión *constructivista de la ciencia* que, como veremos, entronca con las teorías constructivistas del aprendizaje y de la enseñanza.

Esta nueva perspectiva sobre la ciencia ha conllevado y conlleva un intenso debate. Las preguntas que se debaten actualmente son del tipo: *¿Cuáles son los condicionantes del desarrollo científico? ¿Cómo se puede saber que una teoría es mejor que otra? ¿No hay nada racional en el proceso de generación de la ciencia? ¿Hasta qué punto las teorías son instrumentos o invenciones humanas o son aproximaciones sucesivas a la naturaleza*?

C) El giro cognitivo en la Nueva Filosofía de la Ciencia

El giro cognitivo en la Nueva Filosofía de la Ciencia se ha desarrollado en los últimos años, a partir del intento de preservar y comprender la racionalidad de la ciencia.

Una teoría cognitiva de la ciencia es la que intenta explicar cómo los científicos utilizan sus capacidades cognitivas –percepción, control motor, memoria, imaginación y lenguaje– para, interactuando con el mundo, construir la ciencia moderna.

Esta concepción se basa, en cierto modo, en una visión evolutiva de la ciencia análoga a la evolución biológica (Giere, 1988). Los procesos cognitivos se relacionan con la evolución de las teorías de forma similar a cómo los mecanismos genéticos se relacionan con la evolución de las poblaciones. La genética condiciona la diversidad entre los organismos y la herencia, pero la supervivencia y la evolución dependen de las condiciones ambientales. Asimismo, se puede hablar de diversidad de representaciones o de modelos científicos y de herencia a través de la transmisión cultural de estas representaciones, cuya supervivencia o evolución también depende de factores sociales.

Se considera pues que las teorías y los modelos son construcciones humanas que se ajustan más o menos a los hechos del mundo. Cada representación proporciona una perspectiva de dichos hechos, por lo que en cualquier caso siempre es parcial y

algo imprecisa. Sin embargo, las personas organizadas alrededor de una comunidad científica son capaces de llegar a acuerdos sobre cuáles son los modelos que mejor se ajustan a la realidad, cuando se mira desde una determinada perspectiva.

Se afirma, por tanto, que el núcleo de una teoría científica no lo constituye un conjunto de axiomas o leyes sino un conjunto de modelos. Estos modelos son entidades abstractas idealizadas, definidas por sus afirmaciones, por modelos a escala física o por medio de ecuaciones, gráficos, diseños generados por ordenador, etc. Por ejemplo, son modelos las ideas de 'cambio químico', 'onda', 'ser vivo', 'ecosistema'... La conexión con el mundo real se hace a través de hipótesis teóricas que aseveran la similitud entre el modelo abstracto y cualquier cosa del mundo real (figura 2.5).

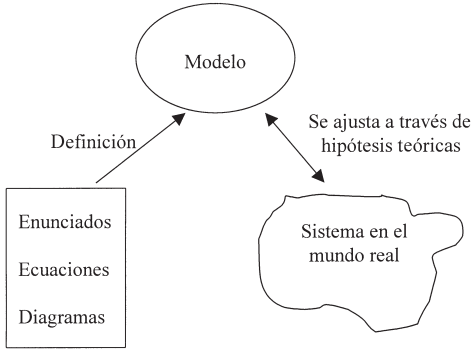


Figura 2.5. Aproximación de las teorías científicas, basada en "Modelos". *Fuente:* Giere, R. (1999).

Desde este punto de vista, los modelos se generan para dar respuesta a una 'forma de mirar' la realidad ya que "el ajuste modelo-realidad no es global, sino sólo relativo a aquellos aspectos del mundo que los modelos intentan capturar" (Giere, 1999:64). Del modelo se deducen preguntas y se hacen predicciones que se contrastan con los datos provenientes de la experimentación (figura 2.6). Por ello se puede afirmar que de alguna manera la realidad observada forma parte del modelo tanto porque se genera en relación a ella, como porque ésta se observa a través de él.

Para ayudar a entender dicho punto de vista es útil analizar, tal como propone el mismo R. Giere, algunas propiedades de los mapas aunque obviamente no son lo mismo que los modelos científicos. Un mapa se refiere a una realidad, pero no existe un mapa auténtico que reproduzca dicha realidad. La selección de las características a representar no depende sólo del deseo, por parte de quien dibuja el mapa, de ser objetivo y fiel a lo observado, sino también de otros criterios. Por ejemplo, de que

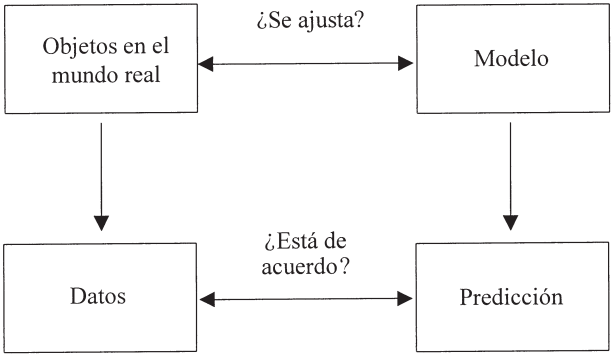


Figura 2.6. Elementos de un informe científico.
Fuente: Giere, R. (1999).

su uso sea práctico para un determinado objetivo (para situar poblaciones, para identificar caminos...). Ello no quiere decir que este relativismo *moderado* no proporcione una buena representación de las características de la realidad, ni que no podamos afirmar que unas representaciones son mejores que otras (todos hemos experimentado que un mapa nos ayuda a orientarnos a encontrar un edificio, aunque el edificio no esté reproducido en el mapa, y que hay mapas mejores que otros para dicha finalidad).

Desde el **modelo cognitivo de ciencia** se considera pues que la ciencia se caracteriza por las cuatro dimensiones siguientes (Izquierdo *et al.,* 1999):

- **Objetivo:** lo que hace que la ciencia tenga sentido no es su método sino su objetivo: intentar interpretar los fenómenos del mundo y actuar sobre ellos, relacionándolos entre sí mediante modelos y teorías. Este objetivo no se alcanza fácilmente y por ello las ciencias evolucionan constantemente.
- **Método:** no hay un método único que conduzca al conocimiento científico. Todo parece indicar que los científicos disponen ya de alguna teoría cuando preparan algún experimento y que los resultados obtenidos son interpretados en función de este marco conceptual y procedimental. Los experimentos, los instrumentos, los hechos seleccionados y las aplicaciones forman parte de la teoría científica, ya que sin ellos ésta no tendría valor. Consecuentemente, la tradicional división entre teoría y práctica no tiene demasiado sentido.
- **Racionalismo:** es imposible saber con certeza si una teoría es verdadera o falsa pero, a la vez, la confianza en la capacidad humana de pensar y discriminar entre conocimientos más o menos válidos, nos lleva a utilizar la racionalidad de manera hipotética, en función del objetivo y del contexto. Los científicos explicitan razonamientos y juzgan su validez influenciados por muy

diversos condicionantes, pero a lo largo del tiempo tiene lugar una *selección natural*.

- **Realismo:** la mediación teórica no impide pensar que nuestra representación del mundo es realista aunque se trate de un realismo pragmático. Se acepta que los hechos son reconstruidos en el marco de las teorías científicas para convertirse en *hechos científicos*, es decir, hechos *vistos* desde la teoría. Para ello es necesario representarse de forma coherente tanto el fenómeno o hecho, como el instrumento utilizado y las acciones realizadas en la experimentación. Cualquier cambio en algunas de estas representaciones produce un cambio de significado y una nueva explicación.

Para la Didáctica de las Ciencias esta visión de la ciencia implica poner el acento de la actividad escolar en la construcción de modelos por parte de los alumnos, modelos que les proporcionen una buena representación y explicación de las características de los fenómenos. Estos modelos de la ciencia escolar irán evolucionando a lo largo de la escolaridad (y de toda la vida).

Los modelos, como fuertes depositarios de analogías y metáforas, sirven para conocer algo de lo nuevo a partir de lo ya conocido, para unir dos realidades que hasta el momento eran extrañas. Pensar a través de modelos posibilita establecer relaciones entre "lo real" y "lo construido" y desarrollar una visión multicausal a partir de considerar más de una variable al mismo tiempo, todo ello con la finalidad de poder predecir y explicar. Los modelos son pues las entidades principales del conocimiento científico escolar, siempre y cuando conecten con fenómenos que sean relevantes para los que aprenden y permitan pensar sobre ellos para poder actuar (Izquierdo *et al.,* 1999).

En el marco de la teoría constructivista de la enseñanza de las Ciencias se debate actualmente sobre la vigencia o no de los marcos de análisis basados en el cambio conceptual. Desde nuestro punto de vista, puede ser más fructífero indagar acerca de propuestas de actividades que valoren el rol de la modelización en la enseñanza de las Ciencias, tanto por su coherencia con modelos epistemológicos recientes como por su potencialidad para enseñar. Para ayudar a los alumnos a aprender es más importante identificar aquello que es interesante de sus explicaciones para continuar aprendiendo (modelizando), que los errores a eliminar de su pensamiento.

Como puede verse, el debate está abierto y nos muestra que la génesis del conocimiento científico responde a un proceso complejo, que no se puede reducir a la aplicación de reglas, y en el que los factores racionales, los empíricos y los sociales se interrelacionan fuertemente. Tal como resumen Carr *et al.* (1994), sabemos que la percepción del mundo es *subjetiva*, las *observaciones* están influenciadas por las propias teorías, el punto de vista tradicional del *método científico* no se corresponde con la práctica científica y en ésta influyen de forma importante factores *sociales*. O como

indican Driver *et al.* (1994): "El conocimiento científico es de naturaleza simbólica y negociado socialmente, y los objetos de la ciencia no son los fenómenos de la naturaleza sino los constructos que la comunidad científica ha elaborado para interpretarla".

2.3. Enseñar Ciencias, algo más que enseñar conceptos y teorías

> En la actualidad, con demasiada frecuencia los libros de texto y los currículos de Secundaria presentan los cambios en el conocimiento científico prestando muy poca atención a la dinámica que los indujo (Richard Duschl, *Renovar la Enseñanza de las Ciencias.* Narcea, 1997: 73).

Esta reflexión recoge uno de los problemas importantes de los diseños curriculares actuales para la enseñanza de las ciencias. Sin el conocimiento del contexto de producción de la ciencia los estudiantes construyen una visión sobre ella que refuerza sus percepciones iniciales tales como: *lo que se nos dice es una verdad incuestionable, todas las ideas son igualmente verdaderas, o no es importante conocer cómo han cambiado las teorías, sino la versión final, que es la válida.*

Estos puntos de vista están tan arraigados que cuando un profesor intenta cambiar sus clases se encuentra con la resistencia de los estudiantes. Por ejemplo, cuando se promueve en una clase el conocimiento sobre cómo y por qué han evolucionado las ideas para explicar algún fenómeno, a menudo los alumnos consideran que sólo vale la pena conocer la teoría "final", que es la que han de saber. Opinan que aprender cosas del pasado que ya no son "verdad" constituye una pérdida de tiempo.

Pero, al mismo tiempo, no entender cómo las teorías cambian promueve una visión negativa de las propias formas de pensar y de razonar –que se han de ocultar o disimular porque serán penalizadas–, por lo que los que aprenden pierden confianza en sus propias capacidades. No tratan de reconocer en qué medida las nuevas experiencias, o lo que dicen sus compañeros, o lo que dice el profesor, cuestionan la coherencia de sus ideas, sino que se limitan a reproducir aquello que se presenta como "lo que se tiene que saber".

Esta concepción de la teoría última como la única "verdadera", que también tiene a veces el profesorado, conlleva que se enseñe una ciencia que no explica nada a la mayoría de los estudiantes. Por ejemplo, muchos de ellos pueden llegar a ser capaces de hablar de hibridación de orbitales sin relación con ningún problema, con ninguna pregunta con sentido que se puedan plantear. Sin embargo, tan "verdadera" es la teoría corpuscular de la materia de base daltoniana como la última teoría elaborada con base en la mecánica cuántica. Todo depende de lo que se quiera explicar, del problema planteado, es decir, de los hechos a interpretar y de la finalidad de dicha interpretación. En la clase de Ciencias puede parecer prioritario conseguir que el

alumnado apruebe exámenes reproductores de textos escritos en libros, pero esto no tiene demasiado que ver con "aprender Ciencias".

Otra de las consecuencias que comporta el hecho de no incluir la producción de las ideas de la ciencia como algo a aprender es que las clases sean silenciosas, con pocas ocasiones para el debate de las ideas. La argumentación se valora como poco importante. Si se considera que sólo hay una idea válida, que es la que los estudiantes han de aprender a reproducir, no tiene sentido la confrontación entre otros puntos de vista posibles. Sin embargo, en la génesis de las teorías son muy importantes los debates entre científicos. Los congresos, simposios, encuentros, las publicaciones, etcétera, son las plataformas a través de las cuales se confrontan los distintos planteamientos, los métodos de trabajo e incluso se generan nuevas preguntas. Aprender Ciencias implica pues aprender a discutir sobre las ideas.

Generalmente, tampoco se potencia el desarrollo de la imaginación, de la creatividad o del pensamiento divergente, cualidades que no se asocian al conocimiento científico. Sin embargo no se debería olvidar que las nuevas teorías surgen precisamente de ellas, y las clases de ciencias deberían caracterizarse precisamente por la creación de ambientes que animen a "pensar de forma distinta" en lugar de penalizarlo.

Por fin, otro de los aspectos importantes a tener en cuenta es la toma de conciencia de las actitudes y valores que forman parte del contexto de producción de la ciencia. La ciencia se define por unos valores que la caracterizan –honestidad, racionalidad, autocrítica, perseverancia, objetividad...–, pero, como actividad humana que es, está condicionada por factores económicos, ideológicos, de poder y otros que conllevan una diferenciación en la práctica entre valores "proclamados" y valores "aplicados". Las clases de Ciencias no deberían estar al margen de esta dialéctica.

Al mismo tiempo, un mejor conocimiento sobre la naturaleza de la ciencia no sólo condiciona la selección de qué se enseña, sino también los métodos de enseñanza. Por ejemplo, existen tres grandes temas de debate en los que hay una fuerte relación entre las ideas sobre la epistemología de la ciencia y las ideas sobre cómo enseñar. Estos temas se refieren a:

- La función de las teorías anteriores en la génesis de nuevos conocimientos se relaciona con la función de las concepciones alternativas del alumnado en el aprendizaje. Sin duda éstas condicionan la observación y la construcción de nuevas ideas. No se puede enseñar sin tenerlas en cuenta.
- El debate sobre la naturaleza del método científico se relaciona con la función de la experimentación en el aprendizaje. Es necesario redefinir su papel, que no es redescubrir el conocimiento a partir de la observación ni deducirlo aplicando sólo operaciones hipotético-deductivas de tipo racional.
- Las diferentes concepciones sobre cómo se cambia de una teoría, consensuada en un determinado momento histórico, a otra distinta, influyen también

> en la diversidad de propuestas planteadas para conseguir que los estudiantes cambien sus concepciones alternativas y aprendan significativamente.

Aunque el proceso de creación de conocimientos científicos no se puede asimilar al proceso de aprendizaje, también es cierto que los procesos didácticos que se puedan diseñar y aplicar con esta finalidad no pueden ser contradictorios con los de la ciencia.

No hay duda, pues, de que enseñar Ciencias es algo más que reproducir conceptos y teorías. Y que el conocimiento de teorías epistemológicas actuales es una condición básica para mejorar la calidad del aprendizaje.

2.4. Ciencia de la complejidad *vs.* ciencia de la "simplificación"

> Asistimos a la emergencia de una ciencia que ya no se limita a situaciones simplificadas, idealizadas, mas nos instala frente a la complejidad del mundo real, una ciencia que permite a la creatividad humana vivenciarse como la expresión singular de un rasgo fundamental común en todos los niveles de la naturaleza (Ilya Prigogine, *El fin de las certidumbres,* 1997: 13).

Una característica de los programas escolares ha sido adecuarse a la enseñanza de la ciencia "clásica". Pero en los últimos años se ha empezado a debatir si es ésta la ciencia a enseñar en los cursos de secundaria básicos. Este debate ha aparecido en el momento de abordar la educación ambiental, ya que el estudio de las problemáticas ambientales requiere aproximaciones complejas. Dichas problemáticas no se pueden abordar analizando sólo unas pocas variables, ni pensando en situaciones ideales, en ellas es imprescindible analizar las interacciones entre las variables, etc.

Se puede diferenciar, pues, entre una ciencia mecanicista, iniciada en el siglo XVII y basada en el principio de la separación y reducción de variables en el estudio de los fenómenos –que dio lugar a las diferentes disciplinas científicas–, y una ciencia posnormal, que se plantea el análisis de los problemas desde su complejidad.

Pero la diferenciación no se fundamenta sólo en el posible carácter simplificador o complejo de la ciencia, sino también en algunos de los principios en los que se sustentan ambos enfoques. Así, por ejemplo, la ciencia clásica se asocia al determinismo, el orden y la estabilidad, mientras que la nueva ciencia se asocia a la incertidumbre, las fluctuaciones y la inestabilidad. Desde la primera se considera que las proposiciones-leyes son ciertas o falsas según se ajusten o no a la realidad. Sin embargo, en la ciencia moderna sabemos que ninguna realidad satisface totalmente estas descripciones idealizadas, por lo que los nuevos puntos de vista comportan una reformulación de las *leyes de la naturaleza.*

Al situarnos en el campo de la Didáctica de las Ciencias debemos plantearnos si los contenidos curriculares a enseñar deben seleccionarse sobre la base de una ciencia clásica o de la *nueva* ciencia. En el panorama actual de la Didáctica de las Ciencias, los diferentes puntos de vista son claros:

- Para unos la ciencia compleja sólo puede ser el resultado al que se llega después de aproximaciones inicialmente simplificadoras y disciplinares. Ello se justifica por la propia historia de la ciencia y por el hecho de que cada disciplina estudia niveles de organización de la materia distintos, que no se pueden mezclar sin caer en una visión empobrecida de la realidad. Se considera que los estudiantes no pueden aprender la ciencia del siglo XX sin conocer la del siglo XVII.

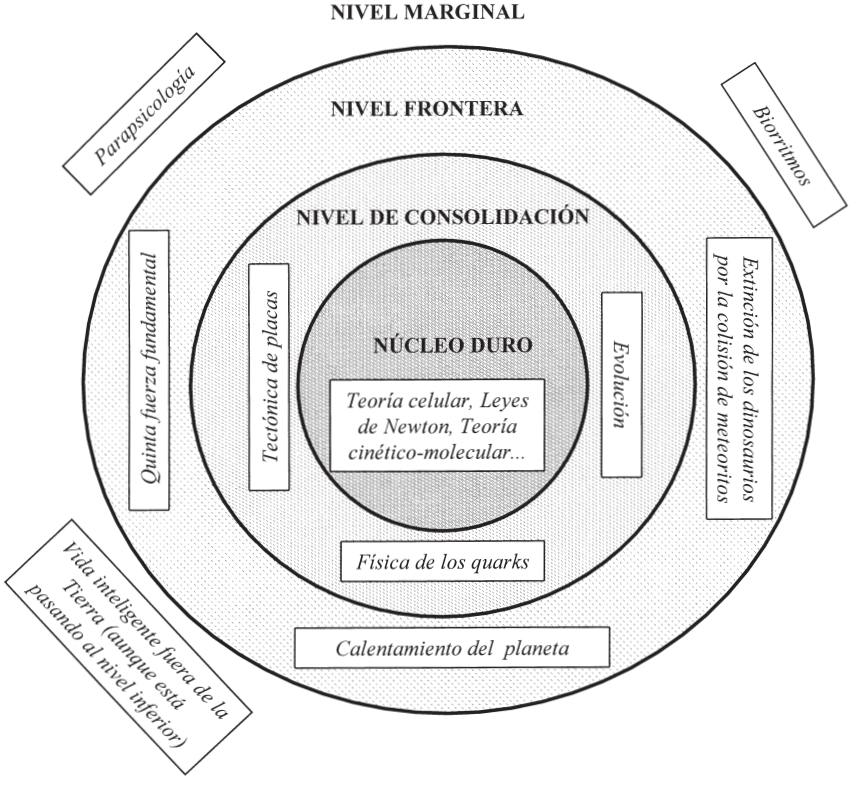


Figura 2.7. Diferentes estatus de las teorías científicas.
Fuente: adaptado de R. Duschl (1997).

- Para otros, en cambio, una enseñanza básica de las ciencias a toda la población debe afrontar cómo ayudar a la comprensión de los problemas que hoy son objeto de discusión y no sólo de los que explican las teorías del llamado "núcleo duro" (figura 2.7). Pensar que la nueva ciencia sólo puede ser comprendida por los estudiantes que ya tienen conocimientos propios de dicho núcleo comporta, de hecho, marginar a buena parte de la población de las ideas de la ciencia actual (ya que éstas sólo se podrían enseñar en cursos de Secundaria Post-obligatoria).

Pero es más, si se considera que en las clases de Ciencias es importante plantear el estudio de problemas relevantes para los ciudadanos, muchos de esos conocimientos será necesario abordarlos desde la perspectiva de la complejidad y consecuente interdisciplinariedad. Por ejemplo, temas como el posible cambio climático, o el problema del agua, o el de los residuos no pueden ser estudiados desde una perspectiva de ciencia clásica.

Optar por este segundo punto de vista implica cambios importantes tanto en el contenido de los currículos como en la concepción de la ciencia. Por ejemplo, puede ser que no dé soluciones a los problemas sino que explique la imposibilidad de obtenerlas. Es un cambio de perspectiva importante que se relaciona con cambios en el *valor* que se da a la ciencia. Pero seguramente es una opción en la que la investigación en Didáctica de las Ciencias deberá profundizar mucho en los próximos años.

2.5. Algunas consecuencias para el trabajo en el aula

Profundizar en el estudio de la Epistemología de la Ciencia es imprescindible para toda persona que quiera dedicarse a su enseñanza. Podríamos afirmar que, sin un cambio respecto a las concepciones tradicionales, es imposible que se produzcan cambios significativos en el qué y en el cómo enseñarla, y en el cómo aprenden los alumnos.

> Si no se promueve una verdadera reflexión sobre la naturaleza de la ciencia, sobre las condiciones de su creación, la enseñanza de las ciencias contribuye a reforzar las creencias, los mitos, que forman parte de la ideología cientificista (Nadeau, R. y Désaultels, J. [1984]: *Epistémologie et didactique des sciencies.* U. Laval. Canadá).

Estos autores consideran que una finalidad de las clases de Ciencias es cambiar la visión *cientificista* habitual, según la cual la ciencia es un conocimiento demostrado que está por encima de cualquier crítica, a partir de cuestionar los *mitos sobre la ciencia*, a los que ponen los sugestivos títulos de:

1. **Realismo *naif*.** Las ciencias nos explican cómo son las cosas realmente, cómo funcionan.

Para poner en crisis esta visión puede ser útil, por ejemplo, comparar los mapas que representan el planeta según distintos sistemas de proyección y reconocer cómo varía el tamaño de los continentes.

2. **Empirismo beatífico.** La ciencia es la búsqueda de la verdad a través de la observación, la experimentación y el análisis de los fenómenos naturales.

   En este sentido será importante ayudar a que los estudiantes tomen conciencia de hasta qué punto sus ideas previas condicionan sus observaciones (véase el cuadro 6.1).
3. **Verificación crédula.** Existe un camino –la experimentación siguiendo el método científico– que conduce a la verdad definitiva.

   Para ello, en muchos casos, más que buscar evidencias que confirmen un punto de vista será conveniente encontrar aspectos que ayuden a ponerlo en cuestión.
4. **Idealismo ciego.** La ciencia es objetiva, está al margen de las ideologías.

   Conviene discutir en clase acerca de la ideología asociada a la investigación científica. Por ejemplo, se tiende a valorar el descubrimiento de la penicilina como un logro de la ciencia y, en cambio, se acusa a la sociedad de la bomba atómica.
5. **Racionalismo abusivo**. La ciencia nos acerca gradualmente a la verdad, sin cambios bruscos ni rupturas, y sin depender de condicionamientos sociales

   Puede ser interesante poner de manifiesto relaciones entre vías de investigación e intereses económicos, ideológicos o de poder.

Pero las consecuencias en el aula de los nuevos conocimientos sobre la Epistemología de la Ciencia van más allá: afectan a la finalidad de su enseñanza y al qué y cómo enseñar, aspectos que se desarrollan en próximos capítulos.

3
¿Para qué enseñar Ciencias?

Actualmente, nadie duda de la necesidad de aprender ciencias como algo imprescindible en la formación básica de todas las personas y no sólo de aquellas que, en el futuro, se dedicarán a la ciencia o a la tecnología. Pero la generalización de estos estudios a toda la población conlleva, necesariamente, una redefinición de la finalidad de su enseñanza y, consecuentemente, de los contenidos que se priorizan y del contexto en el que se enseñan.

El problema de la selección de los contenidos se ha planteado no sólo como consecuencia de los cambios en la finalidad de la enseñanza de las ciencias, sino también de la gran cantidad de conocimientos culturalmente disponibles. En el último siglo ha aumentado exponencialmente su número, y muchos de ellos se aplican constantemente en la vida cotidiana o son objeto de comentarios en la prensa diaria. Pero es evidente que no se puede enseñar todo en el período de escuela obligatoria, por lo que la Didáctica de las Ciencias se plantea un problema importante: definir los criterios de selección de lo que se debe enseñar.

En este apartado se discuten las respuestas que se están dando actualmente a estos problemas y su justificación.

3.1. Ideas espontáneas en relación a la finalidad de la enseñanza de las Ciencias y la ciencia a enseñar

Cuando se pregunta a futuros enseñantes y a profesores en activo que ordenen según su importancia 10 posibles finalidades del aprendizaje científico (véase el cuadro 3.1), generalmente consideran prioritarios objetivos como "aprender a disfrutar con la ciencia" y "el desarrollo de las actitudes y del pensamiento lógico".

Cuadro 3.1. *Cuestionario sobre finalidades del aprendizaje científico.*

¿Qué finalidades del aprendizaje priorizamos?

(Se ordenan estas finalidades según el orden de importancia otorgado a cada afirmación y según el orden que realmente creen que se prioriza en la escuela.)

1. Adquirir conocimientos sobre teorías y hechos científicos.
2. Despertar la conciencia respecto a la necesidad de conservar el medio natural y la salud.
3. Adquirir conocimientos sobre aplicaciones de la ciencia en la vida cotidiana.
4. Preparar a los estudiantes para poder seguir sin dificultades los estudios posteriores.
5. Aprender a disfrutar haciendo ciencia.
6. Desarrollar actitudes científicas como la curiosidad, el espíritu crítico, la honestidad, la perseverancia...
7. Aprender técnicas de trabajo experimental, como medir, filtrar, utilizar la lupa y otros instrumentos, hacer montajes para la experimentación, etc.
8. Aprender a trabajar en equipo, a organizar el trabajo, a buscar información y, en general, aprender a aprender.
9. Desarrollar el pensamiento lógico (por ejemplo: clasificar, comparar, inferir, deducir...).
10. Ayuda a aprender a emplear los diferentes lenguajes utilizados en la expresión de las ideas.

Fuente: Adaptación de Sands, M. K. y Hull, R. (1985): *Teaching Science,* Universidad de Nottingham. Macmillan Education.

La figura 3.1 recoge las prioridades expresadas por un grupo de futuros profesores de Secundaria. Es interesante remarcar que aspectos como la educación ambiental y para la salud, o el aprendizaje de la expresión de las ideas, salgan siempre en los últimos lugares de la lista. Si se pregunta de forma aislada sobre la educación ambiental y para la salud, siempre se valora como una finalidad muy importante, pero en el momento en que hay que decidir un orden de prioridad queda relegada a los últimos lugares.

El cuestionario tiene la dificultad de que obliga a ordenar aspectos que se pueden considerar igualmente importantes, pero esto mismo también sucede en la escuela al decidir qué es lo que se descarta cuando no hay tiempo para enseñar todo el *programa*. En este caso, muy habitual, algunas de las finalidades señaladas en último lugar son las que no se plantean o se trabajan muy superficialmente.

También es interesante comparar estas respuestas con las obtenidas al analizar lo que se cree que realmente se prioriza. En este caso, los resultados varían considerablemente y las respuestas del tipo: *preparar a los estudiantes para seguir sin dificultades los estudios posteriores* o *adquirir conocimientos sobre hechos y teorías* pasan a los primeros lugares de la lista.

Estas diferencias entre lo que se verbaliza y lo que se aplica es una característica de la profesión de enseñar. Hay muchas variables que influyen en ello, pero destacaríamos el hecho de que las opiniones tienden a responder a lo que socialmente se

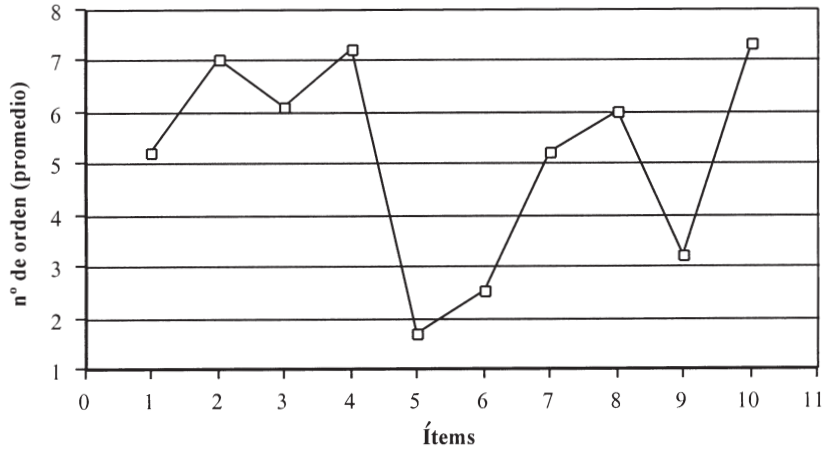


Figura 3.1. Priorización de las finalidades de la enseñanza de las ciencias.
Fuente: CAP, FQ. Curso 1996-1997. N = 49 estudiantes.

considera como deseable, mientras que la práctica es fundamentalmente reproductora de las experiencias anteriores y se alimenta fuertemente por rutinas.

Los profesores y profesoras de E. Secundaria tienen muchas dificultades para imaginar y aplicar currículos para enseñar ciencias distintos de los que estudiaron en su época de estudiantes. En general, valoran la importancia de la ciencia aplicada o de la ciencia ambiental por su finalidad, pero no consideran que a través de ellos se puedan aprender los conceptos científicos, las grandes ideas de la ciencia. Por ello, opinan que son temáticas a introducir en el currículo optativo de los estudiantes, pero no en el obligatorio.

Ello se puede traducir en la inclusión, en los currículos de los alumnos, de una unidad didáctica o una asignatura de educación ambiental sin ninguna relación con el estudio de otros temas del currículo como, por ejemplo, del ecosistema en Biología, o de los materiales en Química, o de la energía en Física. O se pueden organizar *talleres* de electricidad, en los que los estudiantes aprenden a conocer cómo utilizar y manipular aparatos eléctricos y, paralelamente, en las clases de Física enseñar conceptos relacionados con el estudio de la electricidad sin ninguna relación con aquellas prácticas.

De la misma forma, parece imposible tan sólo imaginar la posibilidad de romper con la tradicional separación entre las disciplinas científicas o, mucho menos, pensar en establecer interrelaciones con las ciencias sociales u otras áreas. Ello puede cambiar en el momento en el que el profesorado de Ciencias proceda de licen-

ciaturas distintas de las clásicas, como Bioquímica, Ciencias Ambientales u otras, ya que no hay duda de que una formación tan especializada como la actual dificulta establecer puentes entre las diferentes ciencias y con otras áreas.

En general, se puede concluir que la enseñanza de las Ciencias se concibe como la transmisión de un conjunto de conocimientos que se considera que son los que conforman la estructura en la que se fundamenta cada disciplina científica. Estos conocimientos son propios de una ciencia muy consolidada, sin discusión, están fuertemente formalizados y tienen poca relación con la educación de valores éticos.

La forma como se ha llegado a elaborar estos conocimientos y las consecuencias de los descubrimientos científicos en el desarrollo social y cultural de la humanidad, tienen una importancia secundaria para la mayoría del profesorado. Son sólo aspectos utilizados para motivar al alumnado o para ejemplificarlos, pero no se considera necesario evaluar estos posibles aprendizajes (y todo lo que no se evalúa los estudiantes no lo consideran importante). Las relaciones de la ciencia con la comprensión de problemas cotidianos son percibidas por los enseñantes como algo muy indirecto, no como finalidad de su trabajo.

3.2. Finalidades de la enseñanza de las Ciencias

Cuando se inicia un curso es costumbre que cada profesor justifique el interés de su asignatura, su utilidad. En las clases de ciencias pocas veces los alumnos hacen la famosa pregunta *¿para qué me servirá?,* ya que no se pone en duda la importancia de su aprendizaje para seguir estudiando o para encontrar trabajo. Sin embargo, habitualmente se utilizan poco los argumentos sobre el placer del conocimiento, como los del texto siguiente:

> la educación científica... es importante tanto para el público en general como para los científicos... En cualquier sociedad madura, la ciencia debería ser una parte absolutamente integral de la sociedad... ¿Hay alguna razón para que la excitación y la satisfacción que el científico recibe en su búsqueda del conocimiento no pueda ser compartida per todos? Yo no lo creo... No puedo ver ningún motivo para que el público en general, si la ciencia ha estado integrada en la educación desde la infancia, no pueda seguir los descubrimientos científicos de forma que este seguimiento sea una actividad placentera, casi con el mismo interés con el que sigue el fútbol, el tenis, o los campeonatos de ajedrez (J. P. Segest, *Science,* 182, 1973: 336).

Aunque la necesidad de la enseñanza de las Ciencias no se pone en duda, sí que hay, en cambio, muchas incógnitas acerca de si los contenidos enseñados son rele-

vantes. Las decisiones que se toman no son neutras, sino que responden a las concepciones del profesorado sobre la ciencia y sobre las finalidades de la educación, de la escuela y de la sociedad. De hecho, toda decisión curricular es consecuencia de los valores que están en la base de dichas concepciones.

Al discutir sobre cuál es actualmente la finalidad de la enseñanza de las Ciencias, los argumentos se sitúan en tres posibles planos, que no son ni mucho menos antagónicos:

a) La ciencia como cultura.
b) La ciencia como forma de razonar, de actuar y de valorar.
c) La ciencia como un conocimiento aplicado.

A) La ciencia como cultura

La ciencia forma parte de la cultura construida por hombres y mujeres a lo largo de siglos. En este sentido, es similar a la literatura, la pintura o la historia. Las distintas teorías científicas son conquistas humanas y su enseñanza posibilita el acceso de las nuevas generaciones a este conocimiento. Cuando se discute sobre la necesidad de que lo que se enseñe en la escuela sea "útil" o socialmente relevante, conviene consensuar qué se entiende por ello.

Por ejemplo, nos podemos preguntar hasta qué punto es necesario el estudio de la dinámica newtoniana en una ciencia escolar básica, y si este conocimiento no está alejado del objetivo de preparar a las nuevas generaciones para actuar en sociedades que querríamos cada vez más democráticas y solidarias. Pero, ¿acaso el pensamiento crítico se desarrolla sólo con el estudio de contenidos socialmente relevantes?, y ¿no es también socialmente importante difundir la capacidad de hallar placer en la comprensión del maravilloso edificio de ideas humanas que constituye una determinada teoría?

Se puede, por tanto, afirmar que una de las finalidades de la enseñanza de las Ciencias en la escuela es su transmisión cultural, lo que se está llamando *alfabetización científica*. El conocimiento científico es distinto del conocimiento cotidiano y para acceder a él se necesita un aprendizaje específico que, al menos actualmente, sólo se puede realizar en la escuela.

La cultura científica no debería asimilarse al mero conocimiento de nombres y fórmulas. Para este tipo de conocimiento no se necesita la escuela, especialmente en la era actual en la que se dispone de amplios medios para encontrar información rápidamente. Por cultura científica debería entenderse el conjunto de modelos y teorías de que se dispone actualmente para responder a las preguntas sobre los hechos que suceden a nuestro alrededor. Aprender los nombres de los huesos del cuerpo humano, o a nombrar distintos tipos de fuerzas, se puede conseguir buscando dicha infor-

mación navegando por Internet o leyendo un libro (y no hay problema en olvidarlo porque se puede recuperar dicho conocimiento rápidamente). Pero aprender a explicar para qué sirve un esqueleto, cómo se desarrollan los huesos a partir de una célula inicial, qué es eso llamado fuerza, por qué esta idea sirve para explicar fenómenos tan distintos como la caída de una manzana o el movimiento de los planetas, todo ello no se aprende sin la mediación de la escuela. Se necesita construir teorías y modelos relacionados con los inventados por la ciencia sobre la función de relación en los seres vivos, genética o fuerza, y una persona no iniciada en el conocimiento de estas ideas en la escuela difícilmente puede entender un texto que hable sobre ello.

Sin embargo, conviene preguntarse también si los currículos actuales dan respuesta a esta finalidad. En muy pocos casos se enseña qué ideas son las básicas y por qué, qué preguntas o problemas fueron los que desencadenaron cambios importantes en las formas de explicar los fenómenos, en qué contexto social se plantearon, qué aspectos favorecieron llegar a nuevas respuestas, hasta qué punto aquello que se aprende forma parte de una ciencia ya consolidada o aún en discusión...

Por otro lado, tampoco parece que los estudiantes lleguen a apropiarse de los modelos y teorías que se les pretende enseñar. Los estudios sobre las concepciones alternativas del alumnado (y del profesorado) muestran cómo, a pesar de años de aprendizaje escolar, las personas continuamos explicando los fenómenos utilizando conocimientos provenientes del "sentido común" más que de los aportados por la ciencia. La ciencia continúa siendo hoy patrimonio de muy pocos, por lo que el reto de una cultura científica para todos aún está muy lejos de ser realidad.

Cuadro 3.2. *¿Enfrentamiento entre culturas?*

El CO_2 gana a Pla

> No hace falta leer a Cervantes ni a Pla para plantarse en la universidad. Así de sencillo. Es más importante resolver ecuaciones de segundo grado o saber la composición del dióxido de carbono (CO_2) que enfrentarse a la lectura de algún clásico.
>
> *La Vanguardia,* 2000.

Después de leer este comentario periodístico reflexionar sobre:

a) ¿Qué visión de la ciencia refleja este comentario?
b) ¿Con qué problemas del mundo actual está relacionado el conocimiento del CO_2? ¿Es socialmente relevante su estudio?
c) ¿Cuál puede ser la finalidad de un comentario como éste? ¿Con qué intenciones se pudo escribir?
d) Todas las disciplinas del conocimiento son culturalmente importantes pero los alumnos tienen un número de horas limitado para aprenderlas. ¿Cómo se puede solucionar este problema? ¿Qué decisiones se podrían tomar?

Muchas veces, tal como muestra el artículo periodístico reproducido en el cuadro 3.2, se tiende a enfrentar las llamadas dos culturas: la humanística y la científica. La escuela no es ajena a ello y es algo que en el futuro sin duda se revisará. Es posible que la tradicional separación entre ciencias y letras deje de tener sentido, al menos tal como actualmente se definen en el marco escolar, y lo cierto es que cada vez más el profesor ha de ser una persona con un amplio bagaje cultural, capaz de establecer puentes entre las distintas "culturas", entre las diversas formas de mirar e interpretar aquello que sucede o ha sucedido en el mundo.

B) La ciencia como forma de razonar, de actuar y de valorar

La ciencia es una forma de mirar el mundo, de pensar sobre él, de hablar... Cuando una persona afronta "científicamente" el estudio de algún fenómeno, tiene que poner en práctica un método, un sistema de razonamientos y unas actitudes. Ha de plantear hipótesis, intentar falsearlas a partir de datos objetivables, dudar sistemáticamente de las observaciones y de las ideas. Ha de imaginar nuevas formas racionales de explicar los hechos y buscar cómo comunicar su pensamiento y su acción con el máximo de precisión, para que puedan ser contrastados y discutidos.

Arthur Lucas (1993) escribe que a la pregunta "Por qué enseñar ciencias?" una de las respuestas que daría es: "Asegurarse de que los estudiantes reconocen el valor de los argumentos racionales y del uso de la evidencia". Ello comporta aprender a cuestionarse las propias ideas y conclusiones, a buscar evidencias y a utilizarlas en la argumentación. Esta actuación conlleva un conjunto de valores y actitudes asociadas. La dinámica de la actividad científica está tradicionalmente relacionada, por lo menos como tendencia, con actitudes como la creatividad, el espíritu crítico, el rigor, la honestidad, la perseverancia, la trabajo en equipo... (cuadro 3.3).

Sin embargo, es preciso tener presente que la racionalidad y todos estos valores se corresponden con una visión idealizada de la ciencia. Es sabido que, en la práctica, entre investigadores o grupos de investigadores hay más competencia que colaboración, que en algunos casos se han falseado datos y que se acostumbra a defender de forma acrítica el propio punto de vista. No hay que olvidar que tras un descubrimiento suele haber posibles ganancias económicas y, muy especialmente, ganancias en prestigio y poder. Por tanto, cuando se habla de actitudes científicas se está haciendo referencia a conductas que la comunidad científica valora como importantes, a pesar de que no siempre se apliquen.

A finales de los años 60 se inició una fuerte corriente de innovación curricular en la que se promovieron programas para el aprendizaje de las Ciencias, especialmente para los primeros cursos de Secundaria, fundamentados en la enseñanza de los procesos propios del llamado método científico y de actitudes. Ante la imposibilidad de enseñar

Cuadro 3.3. *Actitudes relacionadas con el aprendizaje de las Ciencias.*

En relación con las actitudes a promover en las clases de Ciencias se puede distinguir entre:

a) Actitudes generales hacia las ideas y la información:

- Tendencia a la curiosidad, apertura, escepticismo, humildad, antiautoritarismo y creatividad.

b) Actitudes relacionadas con la evaluación de las ideas y de la información. Pensamiento crítico basado en:

- Tendencia a la objetividad (sin provocar sesgos personales y empleando criterios científicos tales como el uso de datos precisos, experimentación controlada, lógica y razonamiento y, al mismo tiempo, reconociendo sus limitaciones).
- Honestidad intelectual.
- Duda sistemática (cautela y voluntad de valorar todas las evidencias posibles y de cambiar de opinión/hipótesis si es necesario, si los resultados lo requieren).

c) Actitudes relacionadas con las creencias científicas:

- Valoración de que la naturaleza y los fenómenos que en ella tienen lugar se pueden explicar y que existen relaciones causa-efecto.
- No creencia en las supersticiones y mitos.

d) Actitudes relacionadas con la toma de conciencia sobre el uso del medio social y natural:

- Tendencia a valorar la necesidad de utilizar de forma sostenible las materias primas, los instrumentos, los organismos, la salud y el ambiente en general.

todos los conceptos científicos se pensó que lo más importante era aprender a "hacer ciencia". Si ello se conseguía se creía que el estudiante podría aprender cualquier cosa.

Se enseñaban, fundamentalmente, las operaciones básicas o procesos vinculados al llamado método científico, muy relacionados con las operaciones lógicas definidas por Jean Piaget (véase el cuadro 3.4). Se trataba de enseñar a razonar lógicamente y a aplicar este razonamiento a la resolución de problemas que pudieran ser estudiados científicamente.

Pero los estudios sobre las concepciones de los estudiantes y el debate en torno a cómo se genera la ciencia pusieron en duda este tipo de orientación curricular. Por mucho que se apliquen las *reglas* de la investigación científica, habitualmente a través de la experimentación sólo se confirma lo que ya se sabe, por lo que los estudiantes continúan con sus ideas alternativas, previas al proceso de aprendizaje (véase el cuadro 6.1). Actualmente, todos los estudios muestran que es imposible separar contenidos conceptuales y procedimentales, y que es necesario revisar la concepción de la experimentación en el aprendizaje científico.

Cuadro 3.4. *Procesos asociados a los métodos de la ciencia.*

1. *Observar:* capacidad de:

   a) Recoger datos a través de los sentidos.
   b) Realizar afirmaciones sobre observaciones en términos cualitativos y cuantitativos.

2. *Comparar:* capacidad de reconocer y establecer semejanzas y diferencias entre objetos, sucesos y lugares.
3. *Identificar:* capacidad de:

   a) Nombrar objetos, sucesos y lugares.
   b) Seleccionar entre varias posibilidades el objeto, suceso, lugar o secuencia designados.
   c) Idear un método para medir ciertas propiedades de los objetos.

4. *Clasificar:* capacidad de formar grupos basados en una o varias propiedades comunes.
5. *Medir:* capacidad de cuantificar una observación utilizando un marco de referencia.
6. *Recoger y organizar datos:* capacidad de:

   a) Elaborar tablas, cuadros de doble entrada...
   b) Construir un gráfico a partir de una tabla de datos.

7. *Inferir:* capacidad de:

   a) Elaborar un juicio no observable a partir de observaciones y comparaciones.
   b) Interpretar una tabla de datos.

8. *Predecir:* capacidad de establecer algo que ocurrirá en el futuro basándose en observaciones previas.
9. *Verificar:* capacidad de comprobar o examinar la certeza de una predicción.
10. *Formular hipótesis:* capacidad de dar respuesta a un problema a partir de observaciones y comparaciones generalizadas.
11. *Aislar y controlar variables:* capacidad de:

    a) Distinguir entre factores que afectarán o no al resultado de una experiencia.
    b) Identificar los valores que permanecen constantes y los que se manipulan.

12. *Resolver problemas:* capacidad de:

    a) Reconocer y formular un problema.
    b) Proyectar y realizar el examen de una hipótesis.
    c) Utilizar los resultados recogidos para dar posibles respuestas al problema.

13. *Comunicar:* capacidad de expresar el problema, el procedimiento, los datos y las conclusiones de forma que otros lo entiendan y pudieran repetir el proceso, si lo consideraran necesario.

Fuente: Adaptado de: George, K. D.; Dietz, M. A.; Abraham,E. C. y Nelson, M. A. *Las Ciencias Naturales en la Educación Básica. Fundamento y métodos.* Educación Abierta/Santillana, 1977: 43-45.

Sin embargo, ello no implica que no se continúe considerando que el aprendizaje de los aspectos que configuran la actividad científica sea una finalidad muy importante de la enseñanza de las Ciencias. Lo único que se cuestiona es la posibilidad de separar el aprendizaje de los procesos de la ciencia de los de los modelos o teorías, y que éstas se puedan *descubrir* aplicando el *método científico*. Las hipótesis que se puedan plantear y los experimentos que se puedan diseñar son consecuencia de unos modelos iniciales y sirven para su validación y para generar nuevas ideas. La propia experimentación forma parte del modelo teórico, por lo que es imposible separarlos.

C) La ciencia como un conocimiento aplicado

La ciencia posibilita entender el mundo, hacer predicciones y transformar prácticas. Si se considera que la escuela tiene la finalidad de *preparar a los individuos para comprender, juzgar e intervenir en su comunidad de manera responsable, justa, solidaria y democrática,* la enseñanza de las Ciencias es un componente fundamental en esta formación.

En los últimos años han adquirido mucha importancia los movimientos curriculares que promueven la enseñanza de una **ciencia aplicada** o **ciencia en la acción,** muy especialmente los vinculados a los currículos Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) y a la educación en los llamados temas transversales: educación ambiental, para la salud, del consumidor, para la paz, etc.

En principio, los currículos CTS nacieron del problema de la falta de motivación de los estudiantes hacia el aprendizaje científico. Este problema es uno de los que más han preocupado en aquellos países en que la optatividad en la enseñanza es elevada. En ellos se da la circunstancia de que muy pocos estudiantes optan por asignaturas científicas, muy especialmente la Química, la Física y las Matemáticas. Por ejemplo, ya en los años sesenta surgió el prestigioso proyecto *Harward Project Physics (HPP)* que se basaba en una visión socio-histórica del aprendizaje de la Física, con el intento de captar a los estudiantes con intereses sociales.

A partir de los años ochenta este movimiento se ha extendido fuertemente y no sólo con el objetivo de motivar a todos los estudiantes y promover su alfabetización científica, sino también con el propósito de que la ciencia escolar conecte con los problemas cotidianos y sirva para que los individuos sean más autónomos en la toma de decisiones y capaces de participar democráticamente en la resolución de los problemas de la sociedad. Es lo que Layton (1992) llama *conocimiento para la acción.*

Según esta línea de trabajo, los contenidos deben ser seleccionados no tanto por su valor en relación con la ciencia de los científicos, como por su utilidad para que los estudiantes puedan comprender los problemas de su entorno y actuar conse-

cuentemente, es decir, por su *relevancia social*. En ella los contenidos de tipo actitudinal adquieren una valoración muy importante.

Paralelamente, se desarrollan los movimientos de la Educación Ambiental y de la Educación para la Salud que, sin estar totalmente vinculados con la orientación CTS, participan de buena parte de los mismos objetivos. Mientras que el movimiento CTS nació fundamentalmente del campo de la Didáctica de las Ciencias vinculado a las disciplinas de Física y Química, la Educación Ambiental y la Educación para la Salud se originaron en el ámbito de la Biología.

Priorizar esta finalidad en el aprendizaje de las Ciencias no se reduce a un cambio en los ejemplos utilizados para motivar al alumnado o en el contenido de los ejercicios propuestos. Implica sobre todo replantear el énfasis que se pone en el tratamiento de diferentes temas y, muy especialmente, la estructura del currículo. Así, en este tipo de currículos es difícilmente justificable el estudio detallado de la anatomía de una serie de organismos o la insistencia en la resolución de problemas cuantitativos descontextualizados, y en cambio puede ser necesario introducir conceptos que tradicionalmente no se han considerado propios de una ciencia elemental, como es el caso del segundo principio de la termodinámica, que son básicos para poder interpretar y predecir problemas ambientales de relevancia social (cuadro 3.5).

Cuadro 3.5. *¿Qué conocimientos se necesitan para entender una información periodística?*

Los expertos restan importancia al germen, pero piden información
Incógnitas sobre la resistencia a antibióticos

> El hecho de que el ántrax (carbunco) no se contagie persona a persona, y su buena respuesta a los antibióticos comunes, le resta mucho valor como arma bioterrorista [...]. Pero algunos expertos creen que, a pesar de ello, los médicos necesitan disponer de más información sobre esta bacteria, los protocolos de diagnóstico y, sobre todo, los patrones de resistencia a antibióticos que muestran las esporas utilizadas estos días en las cartas infectadas [...].
>
> *El País,* 16-10-2001

a) Analizar qué contenidos (conceptuales, procedimientales y actitudinales) se necesitan para entender esta información y formar una opinión fundamentada.
b) Comparar con el contenido de libros de texto en relación con esta temática.

Estas posibles finalidades de la enseñanza de las Ciencias se sitúan en el plano de la utopía, ya que no debemos olvidar que la escuela es fundamentalmente una institución reproductora de los modelos sociales imperantes. Su objetivo primordial, aque-

llo por lo que se la evalúa en nuestra sociedad actual, es formar individuos capaces de producir y consumir más y mejor, y seleccionar a los más capacitados. La necesidad de una mayor formación científica está condicionada por las necesidades del sistema de disponer de individuos que sean capaces, por un lado, de generar nuevos objetos de consumo y, por otro, de aprender rápidamente a utilizar las nuevas tecnologías y de adaptarse a los cambios de trabajo.

Consecuentemente, hay que tomar conciencia de que un modelo crítico en relación con las finalidades de la enseñanza de las Ciencias no es un modelo consensuado socialmente. Más bien, tal como se señala a menudo, es revolucionario. Implica un cambio en la cosmovisión, es decir, en la forma de entender las relaciones de las personas entre sí y de éstas con el medio y, muy especialmente, un cambio en las finalidades y en la forma de producir y de consumir. Necesariamente, al no ser éste el modelo dominante en la sociedad, tampoco lo es en la escuela.

Los profesores y profesoras nos encontramos, pues, ante unas finalidades contrapuestas, que condicionan el trabajo a realizar. Se enfrentan dialécticamente entre sí objetivos como:

- Conseguir que los estudiantes aprueben exámenes diseñados con finalidades selectivas, o conseguir que la población se alfabetice científicamente. Actualmente el profesorado se encuentra presionado por los resultados de los exámenes externos de sus alumnos y por la valoración de las familias de su trabajo que, generalmente, no se corresponden con una visión de la ciencia como conocimiento cultural.
- Formar "científicos" rutinarios, reproductores, no imaginativos..., o, por el contrario, personas fronterizas, creativas, con un pensamiento divergente... En la institución escolar se valora el orden en las clases, el silencio, la adaptación al sistema... Divergir y discutir es considerado como algo no deseable, por lo que difícilmente un enseñante encuentra un consenso para impulsar formas distintas de enseñar ciencia.
- Transmitir conocimientos científicos "verdaderos", descritos en libros de texto, o bien mejorar las teorías de los jóvenes sobre el mundo, para que lo puedan comprender mejor y actuar, transformándolo. Tradicionalmente se considera que la ciencia escolar está al margen de posibles planteamientos actitudinales y comportamentales, excepto en el caso de que respondan a temáticas con mucho consenso social. Por ejemplo, se puede estar de acuerdo en favorecer en las clases de Ciencias un consumo de agua más racional, pero no tanto en promover cambios en los modelos de vida consumistas actuales. Ello conlleva que, incluso en el caso de aplicar currículos CTS, la ciencia que se enseña no deje de ser en muchos casos descriptiva y dogmática.

3.3. Los currículos CTS

> Hace ya muchos años, Aristóteles argumentó que las personas llegan a ser virtuosas no tanto porque se les enseñe o piensen sobre ello sentadas, como porque actúan virtuosamente. Es importante que los estudiantes lleguen a ser virtuosos utilizando la ciencia y la tecnología virtuosamente en su vida cotidiana, y que el diseño de los cursos de ciencia y de los sistemas de evaluación esté de acuerdo con esa finalidad educativa (Colin N. Power, 1990).

Se considera currículos CTS aquellos que tienen como objetivos (Caamaño, 1995):

- Promover el interés de los estudiantes por conectar la ciencia con las aplicaciones tecnológicas y los fenómenos de la vida cotidiana y abordar el estudio de aquellos conocimientos que tengan una mayor relevancia social.
- Profundizar en las implicaciones sociales y éticas de la ciencia.
- Fomentar una comprensión de la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico.

Estos contenidos se escogen como ejes organizadores y secuenciadores del currículo, por lo que no se relacionan sólo con los ejemplos utilizados para motivar a los estudiantes o para que realicen ejercicios de aplicación de las ideas introducidas, sino que constituyen el núcleo en cuyo alrededor se planifica toda la enseñanza.

Actualmente, en el conjunto de currículos CTS es posible identificar muchas tipologías diferentes, por lo que se puede afirmar que es un conglomerado muy heterogéneo de líneas de trabajo. Por ejemplo, el proyecto dirigido por Aikenhead (1991), *Logical Reasoning in Science and Technology,* está basado en el conocimiento del proceso de descubrimiento de conceptos científicos teóricos, que en muchos casos son estudiados desde la lógica formal. En cambio, en el proyecto *The Salters* de Química (1988) se seleccionan los contenidos en función del estudio de los materiales de uso cotidiano y de su aplicación. Los autores de este último proyecto defienden que sólo se deben introducir conceptos o ideas cuando los alumnos las necesiten, y parafraseando a Ausubel dicen que: "El factor más importante para aprender es la actividad comprometida del que aprende con el material didáctico. Consíguelo y podrás enseñar mediante cualquier método".

Es decir, son proyectos CTS (véase el cuadro 3.6) tanto los que adoptan un enfoque lógico-histórico, como los que poseen un enfoque tecnológico, o como aquellos que se plantean objetivos relacionados con el papel de la mujer en la ciencia o con el cambio de la imagen de los científicos. Y lo son aunque los conceptos tratados sean los tradicionales. En consecuencia, la ciencia que se enseña en cada caso es muy distinta.

Cuadro 3.6. *Ejemplos de proyectos CTS (Secundaria obligatoria).*

Algunos de los proyectos CTS pioneros, más difundidos en España

- SATIS (*Science & Technology in Society)*, promovido por la Asociación de Enseñanza de las Ciencias (ASE) del Reino Unido. El proyecto inicial era para 14-16 años, y contenía unidades didácticas con títulos como: *Alimentos a partir de hongos, La etiqueta al dorso: una mirada a las fibras textiles, ¿220 V pueden matar?, El SIDA*. Existe también un SATIS para 8-14 años y otro, 16-19, para estudiantes de Bachillerato.
- *Science Across Europe,* un proyecto también promovido por la ASE, pero con perspectiva europea. Su finalidad es favorecer el intercambio entre los escolares de los diferentes países de edades comprendidas entre 14 y 19 años, e incluso más jóvenes. Trata temas como: *La lluvia ácida sobre Europa, El uso de la energía en el hogar, Energías renovables en Europa, Agua potable, ¿Qué comemos?*
- APQUA (Aprendizaje de los Productos Químicos, sus Usos y sus Aplicaciones); CEPUP (*Chemical Education for Public Understandins Program*). El programa español es una adaptación del Americano, orientado a la enseñanza de la Química en la ESO a través de un enfoque CTS.
- SALTERS (*Science. The Salters´approach*). Este proyecto se inició en el año 1984 con el *Chemistry Salters' Project,* promovido por la Universidad de York (Inglaterra). El punto de partida para estudiar Química en edades comprendidas entre los 13 y los 15 años eran temas como: *La alimentación, El vestido, Las bebidas, La calefacción, La construcción...*

  Posteriormente, se diseñó el proyecto *Science: The Salters' approach* (1991) de ciencia integrada, en el que se aborda la ciencia a partir de experiencias de la vida cotidiana: *Manteniéndonos calientes, La electricidad en casa, Haciendo uso del petróleo, Mirando al interior de nuestro cuerpo, Materiales de construcción...*
- PLON (Proyecto para el desarrollo curricular de la Física, 1986). Es un proyecto holandés diseñado para la enseñanza de la Física en el Bachillerato. Ejemplos de unidades son: *Puentes, Agua para Tanzania, Fuentes de luz, Radiaciones ionizantes.*

Fuente: Alambique, n.° 1 (1994) y n.° 3 (1995).

Esta orientación curricular no es ajena a las controversias. Además de las dificultades que comportan su implantación, debido fundamentalmente a la inseguridad del profesorado en temas de los que tiene muy pocos conocimientos, muchos consideran que es una orientación válida sólo para trabajar con los estudiantes poco motivados y no interesados en continuar sus estudios científicos, pero que a los *buenos* estudiantes no les permite construir los conceptos básicos de la ciencia.

Para otros, en cambio, este tipo de enfoque curricular aporta una solución a los problemas derivados de una excesiva parcelación de los conceptos que se enseñan y de la falta de conexión entre el contexto cotidiano y el contexto científico.

Según un tercer grupo de opiniones, este tipo de currículos no resuelven bien la contradicción aparente entre, por un lado, el abordaje de situaciones socialmente relevantes para enseñar las Ciencias y, por el otro, el aprendizaje de los modelos de la ciencia, de su estructura y de sus métodos, que son los que posibilitan entender y

explicar dichas situaciones. En general, la mayoría de los currículos CTS afrontan el primero de los problemas pero no son innovadores en el segundo.

Se valora que a menudo se basan en una visión empiricista de la naturaleza de la ciencia, y que no tienen en cuenta el hecho de que los conceptos de la ciencia son invenciones ni que las observaciones están condicionadas por las concepciones previas. Es decir, no solucionan el problema de cómo se puede *ver* al mismo tiempo que el *cloro es un gas verde* y que el *cloro tiene enlace covalente,* ni cómo se puede reconocer la profunda diferencia epistemológica entre ambos puntos de vista (Fensham *et al.,* 1994).

En muchos de estos currículos el enfoque es totalmente descriptivo y no se promueve que el alumnado construya modelos explicativos. Así, por ejemplo, puede ser que los estudiantes aprendan los distintos tipos de plásticos, sus propiedades, sus usos o los distintos procedimientos de obtención, pero al no construir paralelamente ningún modelo sobre la materia, este conocimiento no lo pueden transferir a la interpretación de propiedades y de cambios en otros tipos de materiales y se convierte en un aprendizaje memorístico de hechos (aunque se hagan muchos trabajos prácticos en el aula). O se pueden "estudiar" las distintas fuentes de energía y su impacto ambiental sin relacionarlo con los principios de la termodinámica, por lo que muchas de las valoraciones que se puedan hacer sobre dicho impacto serán "dogmas" que el alumnado deberá aceptar sin poder explicar.

Como ya se ha indicado, el movimiento CTS nació para responder al problema de la motivación del alumnado hacia la ciencia y no tuvo en cuenta las aportaciones que se hacían desde las teorías constructivistas. Pero, actualmente, se está trabajando en una visión integradora de los dos puntos de vista y ya hay propuestas interesantes en esta línea, como, por ejemplo, el proyecto de Ciencia Coordinada de la Fundación Nuffield (véase el cuadro 3.7)

Se puede concluir que hay un consenso mayoritario en que una finalidad muy importante de la enseñanza de las Ciencias es la de promover una mayor comprensión de los problemas cotidianos y de la actuación de los estudiantes, y en que ello implica revisar los contenidos enseñados tradicionalmente. Pero que, al mismo tiempo, el aprendizaje de las teorías y modelos de la ciencia necesarios para comprender dichos problemas requiere un proceso de enseñanza que no puede estar basado sólo en la observación y descripción de hechos del entorno. Tal como dice Guy Claxton en *Educar mentes curiosas* (1994: 11):

> Para no sentirnos desamparados en un mundo "polisaturado" de ciencia, de sus creaciones y de su jerga, debemos comprender de qué va el asunto, aunque sea a un nivel rudimentario. Hoy por hoy no se puede esperar de nadie que sea capaz de arreglar su TV, su microondas personal y ni siquiera el coche "hecho a mano" por robots. Pero, si sabemos lo suficiente para hablar con los expertos y gozamos

de la suficiente confianza para insistir en que expliquen qué va mal y qué es lo que intentan hacer al respeto, entonces tenemos una gran ventaja.

Cuadro 3.7. *Comparación de los índices de dos libros de Química.*

Diez años tan sólo separan la publicación de estos dos libros editados por la Fundación Nuffield (G.B.), una institución siempre innovadora en el campo de la enseñanza de las Ciencias. La comparación de sus índices permite detectar que en este período de tiempo se han producido cambios muy significativos en la forma de estructurar un currículo para la enseñanza de la Química.

- *Nuffield Chemistry (1978).* Londres: Longman Ed.

Cap. 1 Periodicidad.
Cap. 2 Investigación acerca de la materia.
Cap. 3 Estructura atómica y enlace.
Cap. 4 Fórmulas y ecuaciones.
Cap. 5 Reacciones químicas.
Cap. 6 Cambios de energía y cambios materiales.
Cap. 7 Electricidad y materia.
Cap. 8 Radiactividad.
Cap. 9 La estructura de elementos y compuestos.
Cap. 10 La industria química.
Cap. 11 El problema de los alimentos en el mundo.
Cap. 12 Hombre, química y sociedad.

- *Nuffield co-ordinated sciencies: Chemistry (1988).* Londres: Longman Ed.

Cap. 1 Primeras materias (los elementos químicos, materiales de origen petroquímico, de las plantas y de las rocas).
Cap. 2 Materiales de uso cotidiano (materiales y estructuras, vidrios y cerámicas, metales y aleaciones, polímeros).
Cap. 3 Productos químicos en las casas (espumas, emulsiones, soles y geles, detergentes, tintes, medicamentos).
Cap. 4 Cambios de energía en química (combustibles, baterías).
Cap. 5 Suelo y agricultura (ácidos y bases, suelo, fertilizantes).
Cap. 6 La Tabla Periódica, átomos y enlace.

3.4. Temáticas transversales y enseñanza de las Ciencias

Los ejes transversales no constituyen una nueva asignatura, sino una forma de ver, de analizar y de actuar sobre la realidad. Significan una nueva manera de plantear las diferentes áreas de conocimiento desde perspectivas distintas de las actuales. Perspectivas que han de incluir una visión no sólo conceptual, sino también

> actitudinal y comportamental y que han de promover que el alumnado analice los temas y tome decisiones ante los problemas, respetando puntos de vista distintos de los propios (Rosa M. Pujol, *L'educació ambiental a l'escola.* Rosa Sensat, 1997: 46).

Se entiende por **temáticas transversales** o **ejes transversales** un conjunto de conocimientos cuyo aprendizaje se considera que compete a varias disciplinas. *La educación ambiental, la educación para la salud, la educación del consumidor, la educación sexual, la educación para la paz, la educación para la igualdad entre los géneros, la educación cívica* y *la educación vial,* son algunas de dichas materias.

Se caracterizan por su fuerte componente actitudinal. En todos estos temas el objetivo no es sólo promover la construcción de conocimientos, sino capacitar para la acción. Desde siempre, a la escuela se le ha otorgado no sólo la función de transmitir conocimientos a las nuevas generaciones, sino también la de *educarlas* en un conjunto de valores y prácticas que en cada momento histórico se han considerado socialmente como las más adecuadas.

Como en todos los procesos de cambio curricular, al inicio fueron sólo algunos pocos profesores los que preconizaron la importancia de este tipo de enseñanzas. En el campo de la enseñanza de las Ciencias fueron sobre todo profesores y profesoras de Biología los que impulsaron estos cambios. Actualmente, estas temáticas forman parte de los currículos de Ciencias de todo el mundo y se especula, incluso, con la posibilidad de que en una enseñanza básica, las futuras disciplinas a enseñar sean ésas y no las actuales (figura 3.2).

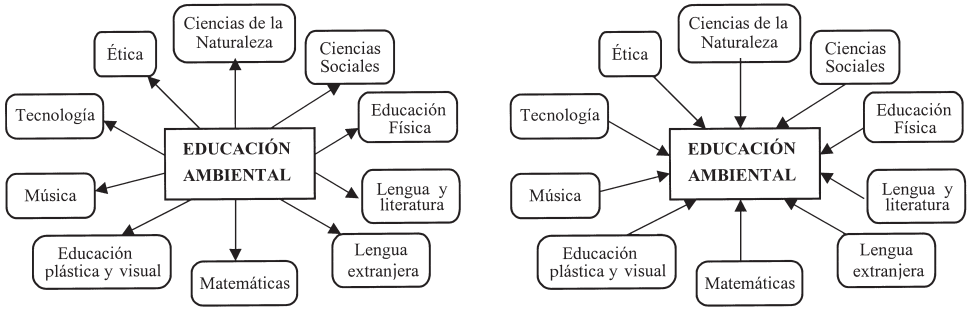


Figura 3.2. La Educación ambiental como eje transversal o como disciplina.

Sin embargo, este consenso en la importancia de los temas transversales en la escuela, tanto en general como en la enseñanza de las Ciencias, no quiere decir que realmente se esté educando al alumnado en dichos campos. Todos los estudios muestran que se tratan muy ocasionalmente, sólo en actividades puntuales o en momentos en los que se incorporan breves reflexiones o ejercicios a los currículos tradicionales.

Las dificultades en su aplicación residen en la falta de propuestas y materiales curriculares que realmente integren este tipo de aprendizaje en el de los contenidos de cada área, pero sobre todo en los obstáculos para planificar y aplicar un trabajo en equipo en los centros escolares y en la inseguridad que provoca enseñar un tipo de contenidos que no forman parte de las rutinas habituales y que implican compromisos éticos.

Aunque por su carácter transversal se considera que estos temas se han de enseñar desde todas las áreas curriculares, generalmente se asocian a alguna ellas en función del tipo de contenidos que fundamentan la acción. Así, la educación para la salud, la educación ambiental y la educación sexual se han vinculado tradicionalmente a la enseñanza de las Ciencias, aunque estos planteamientos ya están siendo revisados. Por ejemplo, la comprensión de los problemas ambientales requiere tanto el conocimiento del funcionamiento de un ecosistema natural como el de la sociedad, por lo que no se puede educar ambientalmente desde un currículo dividido en áreas muy compartimentadas.

Actualmente, cada eje transversal constituye un campo de investigación diferenciado, con sus propias propuestas curriculares y metodológicas, no necesariamente coordinadas con las de otros ejes. Ello es debido a que fueron promovidos por colectivos muy distintos. Así, por ejemplo, las asociaciones de consumidores propiciaron la educación del consumidor, los ecologistas la educación ambiental, los profesionales de la salud la educación en este campo, etc. En estos grupos siempre ha habido profesores que han promovido que esta educación forme parte de las enseñanzas escolares. Alrededor de ellos han surgido investigaciones orientadas a profundizar tanto en el qué como en el cómo enseñar en cada uno de los temas.

Pero aún, en la actualidad, no hay propuestas globales, a pesar de las evidentes interrelaciones entre ellos. Por ejemplo, una educación del consumidor está totalmente vinculada a una educación ambiental (el consumo irracional conlleva problemas ambientales), con la educación para la salud (los malos hábitos de consumo alimentarios y de todo tipo conllevan problemas de salud), con la educación para la paz (los desequilibrios en el planeta están muy relacionados con problemáticas asociadas a la producción y al consumo), etc. (véase el cuadro 3.8).

Esta dispersión de "ejes" junto con el hecho de que además sólo se evalúan los conceptos y procedimientos tradicionales de cada área propicia que, como se ha indicado, la educación en estos campos normalmente sea algo puntual. Además, necesita de un proyecto común de todo el profesorado, las familias y la administración educativa, ya que se educa no sólo a través del currículo explícito, sino también a través del llamado currículo oculto. Por ejemplo, una educación ambiental requiere que el

Cuadro 3.8. *Interrelación entre temáticas transversales.*

El agua como problema

Educación ambiental. Conocimiento de las consecuencias ambientales provocadas por un consumo irracional del agua y de los cambios en los comportamientos necesarios: el ciclo del agua en la naturaleza y urbano, propiedades del agua relevantes para el desarrollo de la vida y para la obtención de productos y objetos de consumo, el agua y los seres vivos...

Educación para la salud. Conocimiento de las consecuencias para la salud provocadas por un consumo irracional de agua y de los cambios en los comportamientos necesarios: necesidades de agua para la vida, agua potable, la transmisión de enfermedades a través del agua...

Educación del consumidor. Conocimiento de los usos del agua y de los cambios en los comportamientos necesarios para que su consumo sea racional: agricultura, industria, uso doméstico y para el tiempo libre; usos directos e indirectos, minimización del consumo y reciclaje...

Educación para la paz y la convivencia. Conocimiento de la irregular distribución del agua en el mundo, de los procesos de desertización...

centro sea coherente con las ideas y las prácticas promovidas y, consecuentemente, que se reduzca en lo posible el consumo de energía y de materiales, que se efectúe una recogida selectiva de lo no aprovechable, que se preserve la diversidad de organismos, etc. Y, al mismo tiempo, que tenga una organización democrática, que se promueva el debate de las ideas y la toma de decisiones colectiva.

En la enseñanza de las Ciencias las propuestas curriculares en esta línea se orientan hacia la reformulación de los currículos de las áreas en profundidad, con la finalidad de que respondan al reto de enseñar los modelos y teorías de la ciencia que posibilitan interpretar los problemas y tomar decisiones fundamentadas y, al mismo tiempo, capacitar al alumnado para actuar críticamente en su entorno. Tal como indica Power (1990):

> La educación científica para el desarrollo sostenible y la ciudadanía informada es esencial si se quiere que los jóvenes y las naciones se adapten creativamente [...] a las oportunidades para mejorar la calidad de vida cotidiana.

Las propuestas más interesantes en relación a la selección de contenidos se orientan a organizar el currículo alrededor de la enseñanza de los llamados **conceptos metadisciplinares** o **estructurantes,** como los de diversidad, cambio, interacción, equilibrio, sistema, etc., que se caracterizan por ser ideas potentes para analizar los problemas del entorno (véase el cuadro 3.9).

Cuadro 3.9. *Propuestas de conceptos metadisciplinares.*

Meadows, D. H., 1989	*Arcà, M., 1996*
• Niveles de resistencia. • Ciclos. • Sistemas complejos. • Crecimiento de las poblaciones y capacidad de carga. • Desarrollo ecológicamente sostenible. • Desarrollo socialmente sostenible. • Conocimiento e incertidumbre. • Necesidades vitales. • Biológica. • Conocimiento. • Complejidad. • (Armonía).	• Sistema. • Límite. • Diversidad y unicidad. • Variabilidad. • Local-global. • Indeterminación. • Irreversibilidad. • Evolución. • Entropía. • Equilibrio dinámico.

Al mismo tiempo, en estas propuestas adquiere importancia el aprendizaje de **procedimientos** relacionados con la capacitación para la acción, es decir, a la capacitación para la resolución de problemas, para debatir ideas en público, para tomar responsabilidades, etc. (véase el cuadro 3.10).

En relación con los **valores** a priorizar, se consideran básicos la **equidad,** entendida como "responsabilidad moral de ayudar a los otros a crecer desde sus propias capacidades y condicionamientos, de manera diferenciada", se basa en el "convencimiento profundo de que no existe mayor injusticia que tratar como iguales a los desiguales" (Novo, 1995: 91) y la **solidaridad,** entendida como "la adopción de soluciones para los problemas ambientales atendiendo más a las necesidades de la sociedad humana en su conjunto que a las prioridades de algunos grupos sociales sobre otros" (Novo, 1995). La solidaridad se relaciona tanto con la atención a las necesidades de los colectivos humanos como de otras formas de vida, tanto con las necesidades consideradas a escala local como a escala planetaria, tanto en relación con las de las generaciones actuales como con las de las futuras.

Otros valores fundamentales serían la **tolerancia,** la **autonomía** y la **responsabilidad.** Esta última se entiende como el compromiso de las personas y los colectivos respecto al impacto que sus actuaciones tienen sobre el medio ambiente. En esta misma línea, se ha propuesto que se hable de "Educación para el desarrollo de sociedades responsables" como forma de nombrar las distintas propuestas educativas de tipo transversal que tienen en común la promoción de una ética de la responsabilidad.

Cuadro 3.10. *Ejemplo de una actividad inicial de una unidad didáctica diseñada con la finalidad de capacitar para la acción.*

Aprender resolviendo problemas: ¿El agua es un problema?

La escuela ha recibido esta carta y nos ha parecido que puede ser interesante que nuestra clase colabore con la Asociación de Vecinos para ver qué se puede hacer para dar respuesta a lo que nos plantea.

• Leed la carta y, en pequeño grupo, escribid vuestras opiniones iniciales sobre las preguntas planteadas y sobre cuáles creéis que serían las que la mayoría de la gente daría si no hubieran estudiado nada sobre el tema.

Ello nos servirá para, después de aprender cosas sobre esta cuestión, proponer actuaciones y escoger los argumentos que mejor puedan convencer a las personas del barrio acerca de cómo consumir el agua de la forma más racional posible.

TEXTO DE LA CARTA RECIBIDA

Apreciados alumnos y alumnas:

Os escribimos desde la Asociación de Vecinos del barrio porque estamos preocupados por un problema al que creemos que no se le da la importancia que realmente tiene.

Nosotros formamos parte de la Vocalía de Medio Ambiente y hemos comprobado que se despilfarra mucho el agua. Quisiéramos escribir un artículo para la revista de nuestro barrio hablando sobre el tema pero nos faltan argumentos para convencer a nuestros convecinos.

Como hemos sabido que vais a estudiar el tema del agua, os pedimos vuestra colaboración, ya que no tenemos mucho tiempo ni la posibilidad que vosotros tenéis de dedicar horas a aprender sobre él. En concreto nuestras preguntas son:

a) ¿Qué actividades conllevan un mayor consumo del agua? ¿En cuáles de ellas se contamina más? ¿Sólo se contamina el agua cuando la consumimos directamente?
b) ¿Por qué el agua es una sustancia tan importante?
c) El agua se puede depurar. ¿Por qué es pues un problema ensuciarla?
d) Mucha gente piensa que en realidad no gasta más agua de la necesaria. ¿Realmente la podemos consumir y ensuciarla menos? ¿Qué se puede hacer?
e) El agua no se acaba nunca y, además, es muy barata, ¿por qué entonces no se debe malgastar?

Hemos de confesar que para algunas de estas preguntas no tenemos respuestas claras. Os agradeceríamos que nos enviáseis una carta con vuestras opiniones sobre el tema.

Muchas gracias por todo. Abrazos,

Carlota Martínez,
Vocalía de Medio Ambiente

Fuente: Vives, Joan y Sanmartí, Neus (1999): *Guías Praxis para el profesorado*. Barcelona: Ed. Praxis.

Como se puede comprobar, los currículos que afrontan el estudio de temáticas transversales tienen muchos puntos de contacto con los CTS. Aunque corresponden a comunidades de profesores y de líneas de investigación distintas, cuando un profesor o una profesora de Ciencias se plantea la selección de contenidos a enseñar no puede separar ambos planteamientos. Seguramente llegará un momento en que las dos líneas de trabajo se interrelacionen más efectivamente, aunque la diversidad de propuestas actual también es una fuente de riqueza.

4
¿Qué contenidos enseñar en la Enseñanza Secundaria?

Enseñar Ciencias implica, entre otros aspectos, establecer puentes entre el conocimiento, tal como lo expresan los científicos a través de textos, y el conocimiento que pueden construir los estudiantes. Para conseguirlo es necesario reelaborar el conocimiento de los científicos de manera que se pueda proponer a los estudiantes en las diferentes etapas de su proceso de aprendizaje. Esta reelaboración implica no sólo seleccionar y redefinir los conceptos a introducir, sino también seleccionar las experiencias escolares más paradigmáticas para poder construirlos, las analogías y ejemplos con los que relacionarlos, las expresiones verbales, gráficas y matemáticas para comunicarlos y, muy especialmente, decidir un orden de presentación.

Podemos hablar, pues, de que en las clases se enseña una *ciencia escolar,* correlacionada con la ciencia normativa pero no igual a ella. Esta ciencia escolar no se puede asimilar a una simplificación del conocimiento de los expertos, ya que tiene como finalidad reconstruir dicho conocimiento de forma que pueda ser aprendido significativamente por el alumnado. Además, tiene que ser relevante, es decir, ha de posibilitar que las personas que aprenden puedan utilizar este conocimiento para interpretar y transformar su entorno. El campo de estudio sobre cómo se lleva a cabo esta reconstrucción se llama *transposición didáctica,* entendiendo este concepto desde una perspectiva amplia.

En este capítulo analizaremos los problemas relacionados con la selección, organización y secuenciación de los contenidos de la ciencia escolar.

4.1. Ideas espontáneas sobre la selección de los contenidos a enseñar

En general, el profesorado es muy poco consciente de la transformación que sufre un determinado contenido cuando se presenta a los estudiantes. Normalmente, al estar tan difundido el libro de texto como instrumento principal que guía la selección de contenidos a enseñar y su orden, la ciencia que se enseña es algo que viene dado y no es objeto de reflexión ni de discusión.

De hecho, son los autores de los libros los que toman las decisiones sobre qué ideas son las importantes, cuáles son los mejores ejemplos, experiencias, analogías para introducirlos y cómo presentarlos a lo largo de los años de escolaridad y de un curso.

Cuando los futuros profesores de Ciencias opinan sobre las decisiones a tomar para enseñarlas, siempre manifiestan que nunca habrían imaginado que tuviesen que seleccionar qué enseñar, ni reconstruir para su enseñanza lo que habían aprendido en los años de licenciatura. Dicen:

> Yo creía que lo que se enseñaba ya estaba decidido en los programas oficiales y que el trabajo de profesor sólo consistía en explicarlo claramente y buscar experiencias motivadoras.
>
> Nunca me hubiera imaginado que tuviera que pensar en qué enseñar. Pensaba que esto no estaba en discusión, que era muy claro. Y también creía que lo que se enseñaba era lo mismo que había estudiado en la carrera pero explicado de forma más simple, eliminando todo lo que fuera demasiado difícil para ser entendido por los alumnos. En cambio, he visto que es la decisión más importante y difícil que ha de tomar todo profesor de Ciencias.

De hecho, muchos causas de la desilusión del alumnado hacia el aprendizaje de las Ciencias provienen de la selección de contenidos. En este sentido, Guy Claxton (1994) señala algunos de los ingredientes más comunes de los currículos de Ciencias promovidos por los libros de texto y aplicados por el profesorado. Por ejemplo habla de:

- *Fragmentación:* los modelos y las teorías a enseñar se "rompen" y distribuyen en lecciones. Cada lección es un suceso aislado, autónomo, del cual es difícil percibir la relación con los anteriores.
- *Inutilidad:* ausencia de relación con experiencias o preguntas que tengan sentido para el alumnado.
- *Falsificación:* se seleccionan las experiencias en función de que salgan bien y de que permitan *ver* a los alumnos lo que *han de ver*.
- *Dificultad:* se pide a los estudiantes que aprendan definiciones, ideas u operaciones que no pueden ni vincular al mundo real ni a una infraestructura teórica válida para ellos.

Habitualmente, se considera que la ciencia escolar es el resultado de suprimir todo aquello que es demasiado complejo y "abstracto" de la ciencia de los expertos: lo "didáctico" se asimila a lo simple. También se valora que lo que se debe enseñar son los saberes inmutables e indiscutibles, los que forman parte del núcleo duro de conocimientos de la ciencia. Al mismo tiempo, los experimentos y los ejemplos se seleccionan en función de su simplicidad y adecuación al modelo escolar que se quiere transmitir (¡los experimentos siempre tienen que salir bien y han de ser muy ilustrativos!). Otro de los aspectos valorado como muy importante es el orden de enseñanza de los temas y/o conceptos, que debe ser uno muy determinado (se debe empezar la Física por la mecánica, la Biología de Bachillerato por la bioquímica, por el concepto de intensidad eléctrica antes que el de potencial, etc.).

En general, la ciencia escolar en la etapa de Secundaria ha estado fuertemente condicionada por las transposiciones realizadas para enseñar las Ciencias en los primeros cursos de Universidad –los tradicionales libros de Física General, Química o Biología–. Y, aunque en algunos libros de texto y proyectos actuales se plantean propuestas distintas, especialmente para las Ciencias que se enseñan en los cursos obligatorios, las rutinas cambian mucho más lentamente. Es sabido que aunque cambien los "programas oficiales" se continúa enseñando lo mismo.

Por todo ello es importante que se profundice en el conocimiento de las transformaciones de la ciencia que se dan al enseñarla y en los criterios para seleccionar, organizar y secuenciar los contenidos de la ciencia escolar.

4.2. Caracterización de la ciencia escolar

¿Hay una sola ciencia? Francis Halwachs escribía en 1975 un famoso artículo acerca de las diferencias entre la *física del físico,* la *física del maestro* y la *física del estudiante*. Con ello quería señalar que, en una situación de enseñanza-aprendizaje, la ciencia de la que el profesorado habla en el aula es diferente de la del científico (y también diferente de la que construye el alumnado). Esta ciencia del profesor es el resultado de un proceso, no siempre explícito, de reelaboración del conocimiento de los expertos. El estudio de los mecanismos a través de los cuales un *objeto de saber científico* pasa a ser *objeto de saber a enseñar* es el campo de lo que Chevallard (1985) llamó *transposición didáctica.* En este proceso de transposición didáctica influyen también las intenciones o finalidades que se otorguen a la enseñanza de las Ciencias, por lo que la ciencia escolar resultante está fuertemente condicionada por dichas intenciones.

Es evidente que nadie piensa que se pueda presentar al alumnado para su aprendizaje el saber ya construido, tal como lo tiene elaborado el experto. Desde siempre, el profesorado ha buscado crear "modelos didácticos" –que agrupan conceptos, experiencias, analogías, lenguaje, ejemplos...– para promover que los estudiantes entren

en el mundo de la ciencia. La dinámica newtoniana que se enseña en la escuela es distinta de la dinámica escrita por Newton en sus *Principia* y las famosas *leyes de Boyle* nunca fueron escritas por Boyle, sino que tal como las conocemos fueron "inventadas" para la enseñanza. Por ello, podemos hablar de modelos propios de la **ciencia escolar,** correlacionados con los modelos de los científicos pero no necesariamente coincidentes.

La ciencia escolar que se enseña habitualmente en el período obligatorio es el resultado de transposiciones didácticas realizadas hace muchos años. Corresponden a teorías científicas formuladas principalmente en los siglos XVIII y XIX que configuran el llamado núcleo duro de la ciencia. Es interesante comparar libros de texto de todo el mundo y reconocer la similitud de definiciones que se dan sobre los conceptos, de experiencias que se proponen para su realización en el aula, de analogías utilizadas para facilitar la comprensión, de ejemplos y anécdotas que se citan, del orden de presentación de las ideas, etc.

Muchos de estos aspectos se podrían poner en cuestión, tanto a la luz de los conocimientos científicos actuales como de los didácticos, pero continúan reproduciéndose. Cada vez hay más estudios que analizan críticamente la forma en que se redefinen distintos conceptos para su enseñanza (cuadro 4.1), la adecuación de las experiencias propuestas o de las analogías utilizadas (cuadro 4.2), etc.

Cuadro 4.1. *Distintas formas de definir un mismo concepto.*

Definiciones del concepto de mol en los libros de texto

El mol es la masa (en gramos) numéricamente igual a la masa molecular relativa de una sustancia (Waddington, 1987. *McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology*, Volume 11).

[...] definimos un mol de un elemento como número de Avogadro de átomos (Petrucci y Wisner, 1987. *General Chemistry with Qualitative Analysis*).

La masa de una materia que contiene el número de Avogadro de unidades estructurales, se denomina mol de esa materia (Bereit *et al.,* 1966. *Sistemas Químicos*. CBA. Tomo I).

El peso en gramos de un compuesto numéricamente igual a sus peso molecular en uma, se llama peso molecular gramo, molécula gramo, o más corrientemente, mol (Dickerson *et al.,* 1976. *Principios de Química*).

Mol: cantidad de una sustancia química cuyo peso es su peso molecular expresado en gramos (Real Academia Española, 1992. *Diccionario de la Lengua Española*, Tomo II, 21.ª edición).

Fuente: Furió, C.; Azcona, R. y Guisasola, J. (1999): "Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de *cantidad de sustancia* y de *mol". Enseñanza de las Ciencias,* 17: 359-376.

Cuadro 4.2. *El uso de analogías en la enseñanza.*

Ventajas e inconvenientes del uso de analogías

Las analogías son constructos utilizados por la ciencia y por la ciencia escolar para favorecer los procesos de modelización de las explicaciones. El modelo "solar" ideado para imaginar el átomo ayuda tanto a generar explicaciones sobre el comportamiento de la materia como al planteamiento de nuevas hipótesis teóricas. De la misma forma, la ciencia escolar genera analogías para ayudar al alumnado a imaginar y a explicar.

Sin embargo, conviene no olvidar que toda analogía nunca es totalmente congruente con el modelo que pretende ayudar a comprender. Generalmente, sirve para una parte del modelo, pero en otros aspectos puede favorecer la génesis de concepciones alternativas.

Por ejemplo, en la mayoría de textos, en el estudio de la electricidad se utiliza la analogía "hidráulica" para promover la comprensión de los conceptos de intensidad, potencial, resistencia, etc. Se ha demostrado que esta analogía es muy potente, pero también se ha comprobado que favorece que muchos estudiantes crean que la corriente eléctrica puede "bajar" a través de un cable pero no "subir".

Otra analogía utilizada para paliar este problema ha sido la de la corriente circulatoria de coches.

La ciencia cambia sus analogías a medida que genera nuevos modelos explicativos de los fenómenos. La ciencia escolar cambia sus analogías cuando la investigación didáctica muestra sus limitaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje, cuando se generan nuevos modelos explicativos sobre por qué los alumnos no aprenden. Y, en algunos casos, aunque no cambien las analogías, sí que cambia la forma de utilizarlas cuando el profesorado conoce sus limitaciones.

Por otro lado, hay pocas transposiciones didácticas de conceptos o teorías de la ciencia moderna para una ciencia escolar básica. Por ejemplo, el concepto de entropía, tan importante para explicar el funcionamiento de un ecosistema y el problema de por qué es tan necesario no malgastar energía, prácticamente no se ha estudiado cómo introducirlo en una enseñanza para toda la población. Tampoco se introducen conceptos modernos de biotecnología o electrónica, o modelos explicativos de las propiedades de los llamados *nuevos materiales.*

Muy a menudo se argumenta este hecho diciendo que hay conceptos más básicos y que no hay tiempo para todo, aunque convendría discutir qué se entiende por "básico" en función de las finalidades de la enseñanza de las ciencias que se prioricen. También se justifica por la complejidad de las nuevas ideas. Sin embargo, habría que preguntarse si para el alumnado algunas de estas ideas serían más difíciles que, por ejemplo, el aprendizaje de las leyes de Newton propuesto en todos los programas.

Cuando se concreta la ciencia escolar hay que tomar decisiones. Explícita o implícitamente, se parte de criterios en relación a cuatro grandes aspectos (figura 4.1):

- Los modelos de la ciencia de referencia más significativos.
- Los posibles contextos para la enseñanza/aprendizaje.
- Los niveles, intereses y conocimientos previos del alumnado.
- Los posibles órdenes de presentación de los contenidos (secuenciación).

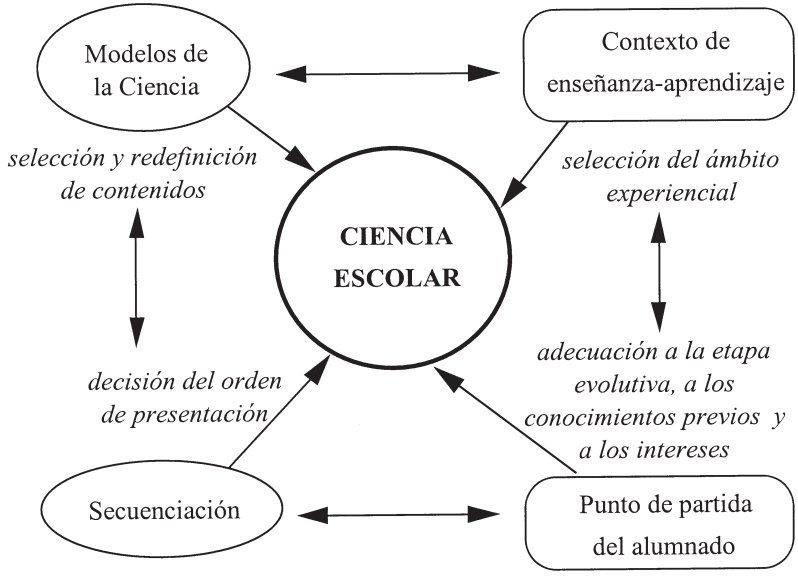


Figura 4.1. Caracterización de la ciencia escolar.

4.3. La selección de los modelos de la ciencia escolar

¿Qué conceptos, modelos y teorías de la ciencia se deberían enseñar? ¿Cómo realizar una transposición didáctica que posibilite al alumnado apropiarse de estas ideas?

Actualmente, estas dos preguntas aún no tienen una respuesta consensuada entre todos los que se dedican a la Didáctica de las Ciencias. Cuando en todos los países se plantea una renovación de los currículos de ciencias, siempre hay el problema de decidir qué se considera prioritario enseñar en cada etapa, cuáles son las ideas que se

consideran base de la alfabetización científica de toda la población. La cantidad de conocimientos es tan grande que es difícil decidir lo que es más importante o fundamental.

En general, cuando se dan a conocer propuestas de nuevos programas, las críticas se centran siempre en poner de manifiesto conocimientos que no están incluidos. Por ejemplo, de los últimos programas de ESO en España se ha criticado que no se plantee la enseñanza de la electrónica ni de la evolución, o que la cinemática y la astronomía estén poco desarrolladas, etc., pero nadie ha propuesto eliminar algo de dichos programas. Sin embargo, en contradicción con lo anterior, se reducen las horas de clase y los contenidos que se han de enseñar a alumnos con menos aptitudes e intereses, que necesitan más tiempo para el aprendizaje.

4.3.1. ¿Qué conceptos, modelos y teorías de la ciencia enseñar?

Es evidente que se tiene que profundizar en qué ideas de la ciencia enseñar. Algunas hipótesis se centran en escoger unos pocos modelos de ciencia escolar, que engloben a su vez muchos submodelos-conceptos, significativos desde la ciencia y relevantes para explicar muchos fenómenos y hechos distintos. Estos modelos se irían construyendo a lo largo de la escolaridad, desde la infancia, en una perspectiva de currículo en espiral. Es decir, en cada curso o etapa se retomarían, aumentando el nivel de complejidad y de abstracción en el que se aprehenden. Pensemos, por ejemplo, en los conceptos-modelo de *sustancia, cambio químico, ser vivo, ecosistema* o *energía.*

Otras de las hipótesis, complementarias de la anterior, consideran necesario definir unas grandes nociones *metadisciplinares* (García, 1998), comunes a distintas disciplinas y que serían las que deberían servir de eje del currículo (véase el cuadro 3.8). En buena parte se corresponden con *formas de mirar* los fenómenos que han sido y son relevantes en la historia de la ciencia (véase el cuadro 4.3). Según estas líneas de trabajo, estas nociones posibilitan la construcción de modelos de ciencia escolar más complejos y más consistentes con la ciencia actual que los que se aprenden habitualmente desde transposiciones didácticas clásicas.

Así, cuando se observa la diversidad de fenómenos y objetos de la naturaleza se buscan regularidades y prototipos. Se analizan las partes, pero interesa conocer la estructura como algo distinto a una suma de partes. Se estudian las características de los cambios –en el movimiento de los objetos, en las sustancias, en los seres vivos o en las rocas– pero también aquello que se conserva en dichos cambios. Por ejemplo, construir el concepto de cambio químico implica reconocer que en un cambio de este tipo las sustancias iniciales y finales son distintas pero los elementos, los átomos, la masa y la energía se conservan (figura 4.2).

Cuadro 4.3. *"Formas de mirar" desde la ciencia.*

- Diversidad *vs.* Regularidades, analogías, prototipos.
- Cambio *vs.* Conservación.
- Linealidad *vs.* Recursividad, multicausalidad.
- Autonomía *vs.* Interacción, interdependencia.
- Partes *vs.* Estructuras.
- Estabilidad *vs.* Equilibrio dinámico.
- Continuidad *vs.* Discontinuidad, discretización.
- Determinismo *vs.* Azar.
- Orden *vs.* Caos.
- Reversibilidad, simetría *vs.* Irreversibilidad, evolución.

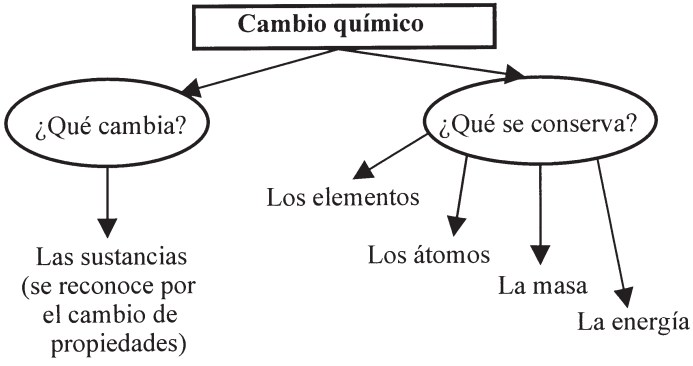


Figura 4.2. Concepto de cambio químico.

Para muchos, estas ideas son las propias de la ciencia moderna y las que sirven para formular las preguntas a plantear en el aula, con la finalidad de que los estudiantes puedan construir conceptos y modelos al explicar los fenómenos. Por ejemplo, ante un cambio químico en el que observamos cambios en las propiedades de las sustancias y transferencia de energía, para explicar estas observaciones necesitamos responder, tal como hemos indicado, a preguntas tales como: ¿se conservan los elementos?, ¿se conservan los átomos?, ¿se conserva la energía?, etc. Sin cambiar el punto de vista, es difícil aprender ciencias, ya que la forma de mirar y conceptualizar de la ciencia es distinta de la del conocimiento cotidiano.

Por tanto, en la selección de los contenidos a enseñar es importante partir de unos pocos modelos y de las preguntas significativas desde la ciencia que pueden generar su construcción. Una propuesta posible sería la reflejada en la figura 4.3. En ella se propone la selección de unos sistemas objeto de estudio alrededor de los cua-

les construir modelos y submodelos asociados para explicar fenómenos o problemas relevantes. Para pensar sobre ellos, debemos preguntarnos sobre los cambios/conservación de la materia y de la energía, y sobre sus interacciones en el espacio y en el tiempo.

Por ejemplo, tanto en el estudio de un modelo de ecosistema como de un modelo de sustancia, será importante analizarlos teniendo en cuenta la materia, la energía y las posibles interacciones entre las partes. Y lo mismo si se quiere responder a la pregunta de si, desde el punto de vista ecológico, es mejor consumir yogures en envases de vidrio que de plástico. En todos los casos debemos ser capaces de construir modelos en relación al ciclo de los materiales (del plástico, del vidrio, del agua necesaria para limpiar); en relación con la energía (necesaria para su fabricación, transporte, limpieza...); en relación con el espacio y el tiempo en el que se dan los distintos cambios (evolución de los sistemas), etc.

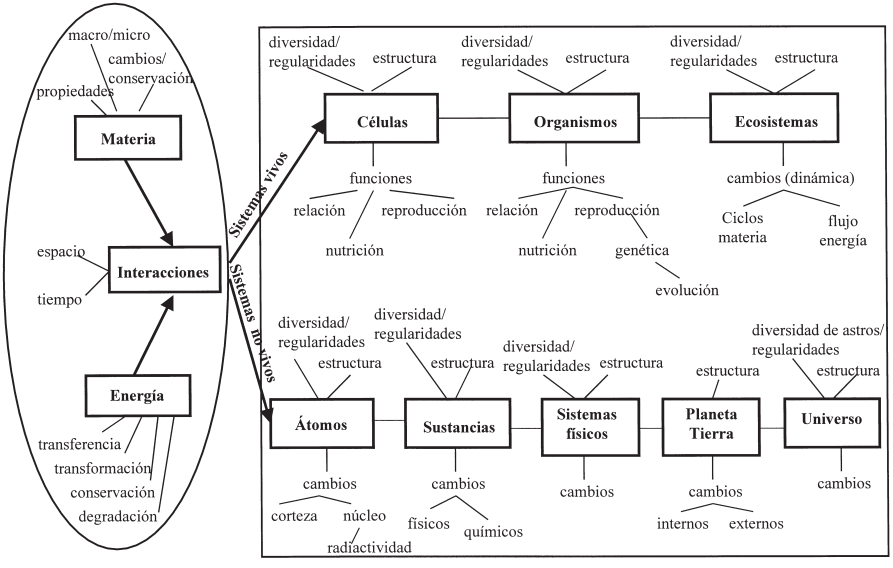


Figura 4.3. Núcleos de conocimientos de una ciencia básica (12-16).

Los distintos sistemas están interrelacionados pero corresponden a niveles diferentes de mirar el mundo. Un ser vivo u organismo está formado por células, pero es algo más que un conjunto de células, y un ecosistema está formado por organismos, pero el modelo "ecosistema" no se puede explicar sólo estudiando los organismos que lo forman separadamente. Y en todos ellos nos preguntaremos qué materiales

cambian y cómo, cómo se transfiere la energía y qué tipo de interacciones tienen lugar dentro del sistema y en relación con otros, en el espacio y en el tiempo.

Cada modelo está de hecho asociado a muchos submodelos. Cuando construimos el modelo "ser vivo", paralelamente construiremos un modelo de "nutrición" y en relación a éste uno de "respiración", etc. Las preguntas de evaluación importantes serán las que pongan de manifiesto la visión sistémica del "ser vivo" como, por ejemplo, ¿para qué le sirve el pulmón a la mano?, y no tanto las orientadas a describir cada parte o cada submodelo por separado.

También es importante tener en cuenta que cada modelo se relaciona con el conocimiento de instrumentos, procedimientos y técnicas. He aquí unos ejemplos: distinguir entre masa y peso pasa por reconocer que se miden con instrumentos diferentes; las técnicas de separación de sustancias están asociadas al concepto de sustancia; y los distintos tipos de microscopio se relacionan con diferentes niveles de conocimiento de la célula. Lo mismo se puede decir del lenguaje, tanto del verbal como del gráfico. Pensemos, por ejemplo, si sería posible modelizar el concepto de átomo sin discutir las distintas representaciones; o el de movimiento sin expresar gráficamente las relaciones e/t o v/t.

Como ya hemos indicado, la ciencia escolar ha generado también sus propias experiencias, analogías, metáforas, lenguaje, ejemplos... Es interesante constatar cómo se repiten en todos los libros de texto, en las explicaciones orales de los profesores en el aula y en las actividades propuestas. Sólo en la segunda mitad del siglo XX, la investigación en Didáctica de las Ciencias propició cambios en todos estos aspectos, pero aún queda mucho por estudiar. Ya se ha hecho referencia al tema de las analogías (véase el cuadro 4.2), pero hay muchos más. Por ejemplo, se discute la conveniencia o no de introducir en una ciencia básica el concepto de velocidad (vectorial) sólo cómo "rapidez" (escalar) o de promover en los estudiantes la distinción entre "cambio químico" y "cambio físico" cuando los límites no están bien definidos. También las TIC (tecnologías de la información y de la comunicación) están influyendo en esta evolución de la ciencia escolar, ya que se pueden simular experiencias que anteriormente era imposible pensar en realizarlas en el aula, y se pueden recoger muchos más datos y transformarlos en un menor tiempo.

4.3.2. ¿Qué comporta enseñar a pensar a través de modelos?

Escoger un currículo de ciencia escolar basado en promover la construcción de modelos conlleva un cambio importante en la forma de realizar la transposición didáctica.

Las formas clásicas de transposición didáctica consisten en escoger un campo de saber, un modelo o teoría científica, y *romperlo*, o mejor, desintetizarlo en conceptos y procedimientos que se enseñan de forma separada y secuencial a través de las dife-

rentes lecciones del temario, distribuidas según lo que se considera la lógica de la disciplina. Las hipótesis en que se basa esta manera de transponer el conocimiento consideran que se pueden distinguir los conceptos básicos implicados en una teoría o modelo y que, una vez aprendidos por separado, el estudiante podrá reconstruir el modelo del experto, aunque sea una versión simplificada del mismo (figura 4.4). También se presupone que el *tiempo de enseñanza* y el *tiempo de aprendizaje* coinciden necesariamente, al menos en los *buenos* estudiantes.

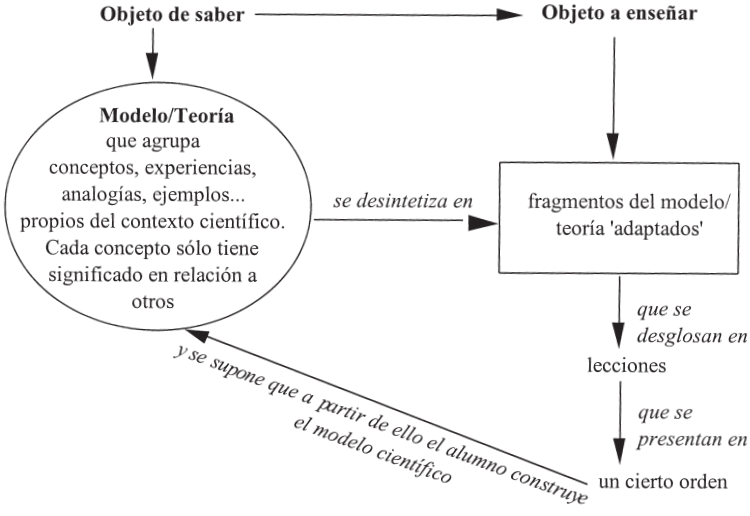


Figura 4.4. Transposición didáctica: opción analítica.

El profesor o el autor del libro de texto, cuando plantea este ejercicio de desintetización, no pierde la referencia del modelo o teoría correspondiente y, para él los conceptos seleccionados tienen sentido y están bien interrelacionados entre ellos y con los fenómenos a explicar. Pero para los estudiantes este referente, al no ser explícito, no existe, y los conceptos sólo tienen significado por ellos mismos, como algo aislado y no relacionado con lo tratado en otras lecciones. Se puede afirmar que con este tipo de transposición didáctica los conceptos y procedimientos seleccionados son los que se enseñan y se evalúan, pero que los modelos globales permanecen fuera del campo de enseñanza.

Por ejemplo, se puede comprobar que, para desarrollar el concepto-modelo de lo que se entiende por *disolución,* se *enseña* al alumno qué es un soluto, qué es un

disolvente, qué es la concentración, qué se entiende por disolución saturada, etc.; al mismo tiempo, se promueve la observación de la disolución del azúcar o de la sal en el agua. Éstos son los conceptos que se evalúan y el campo experimental en el que se aplican. Pero su aprendizaje no implica que el estudiante construya el modelo *disolución,* ni que sepa relacionar este concepto con lo que sucede cuando se lava la ropa o cuando se contamina el agua.

Actualmente, se está trabajando con otras formas de transposición didáctica más holísticas (figura 4.5). La revisión de las teorías sobre la naturaleza de las ciencias, así como las investigaciones sobre cómo los alumnos aprenden, han hecho replantear diferentes supuestos en los que se basaban muchas de las transposiciones realizadas hasta el momento. Los nuevos puntos de vista intentan ser consecuentes con una visión de la ciencia en la que las teorías y los hechos que explican sean el núcleo a partir del cual el conocimiento científico evoluciona, cambio en el que la expresión de las propias ideas, la discusión y el debate tienen un papel primordial.

Desde esta visión de la transposición didáctica se tiene en cuenta que el tiempo de aprendizaje no es simultáneo con el tiempo de enseñanza, ni mucho menos tan lineal como se deduce de los modelos de transposición didáctica más analíticos. Se valora que los aprendizajes realizados en otros contextos pueden ser determinantes, y muchas de las reestructuraciones de las relaciones entre conceptos, y entre conceptos y hechos, se producen en momentos distintos de aquellos en que se han acumulado datos e informaciones. Todo el mundo recuerda momentos en los que se producen *cliks,* es decir, instantes en que se percibe que se entiende algo que fue enseñado hace años.

Las teorías y modelos son algo que se va construyendo a través de la escolaridad, desde la escuela primaria, interrelacionando y jerarquizando cada vez más ideas y observaciones. Por ejemplo, el concepto-modelo de *disolución* se puede formalizar según un modelo operativo –¿cómo sé que una sustancia se ha disuelto en otra observando y manipulando?– o más abstracto, imaginando qué le sucede a cada sustancia cuando se mezcla –¿se "rompen en partes"?, ¿cómo se distribuyen las "partes"?–. A medida que se avanza en su estudio, se van identificando variables que influyen en el fenómeno –¿qué sucede si se eleva la temperatura?, ¿sucede lo mismo si el soluto es un gas que si es un sólido?–, y que para interpretarlas se necesitará revisar el modelo inicial construido.

También se irán estableciendo relaciones con fenómenos muy variados –¿por qué los océanos son tan importantes en la regulación de la cantidad de CO_2 de la atmósfera?, ¿por qué se produce el "mal de montaña"?, ¿por qué aumenta en verano la mortandad de los peces en los ríos?– que a menudo exigirán relacionar el "modelo-disolución" construido con otros. Por ejemplo, los modelos de *sustancia, cambio químico, fuerza* y *energía* serán necesarios para poder explicar los cambios en los materiales. Y, al mismo tiempo, estos modelos son necesarios para la construcción del modelo *ser vivo*.

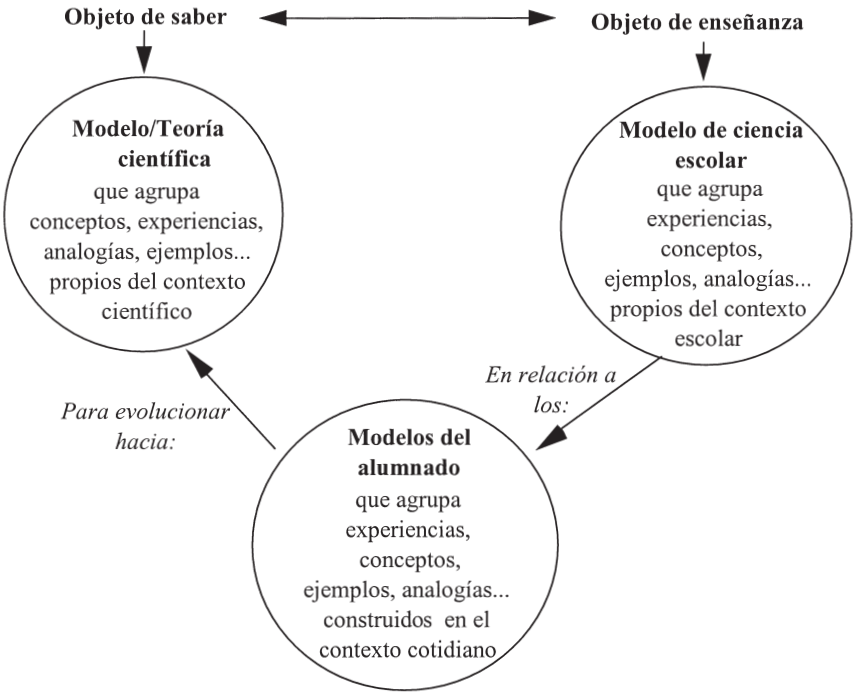


Figura 4.5. Transposición didáctica: opción holística.

Como veremos, se puede decir que aprender Ciencias es aprender a explicar un cierto tipo de historias, en las que cada vez hay más personajes, que hacen más cosas y en las que se van estableciendo más interrelaciones. Son historias que van confluyendo en una única historia y con un final abierto. Pensemos, por ejemplo, en cómo pueden ir evolucionando las historias a contar acerca de "por qué utilizamos agua y detergentes para lavar", "por qué llueve" o de "por qué los hijos se parecen a los padres, pero no son iguales".

Desde este punto de vista, las expresiones utilizadas para nombrar los personajes-conceptos que forman parte de un modelo como el de disolución, ya sea a nivel macroscópico (soluto, disolvente, solubilidad, concentración...) o a nivel microscópico (partículas, átomos, moléculas, iones, enlaces...), evolucionan en función de la necesidad de expresar con la mayor precisión posible las ideas, pero su aprendizaje no es un fin en sí mismo, ni mucho menos el principal objeto de evaluación. El fin del aprendizaje es ser capaz de contar historias convincentes, es decir, construir mode-

los congruentes con el de la ciencia, útiles para responder cada vez mejor a la misma pregunta o a más preguntas. Y el de la enseñanza, favorecer el proceso de construcción-evolución de dichos modelos.

Esta perspectiva holística de la transposición didáctica está muy lejos de concretarse en los currículos que se aplican actualmente en la escuela. pero no hay duda de que la enseñanza de las Ciencias debe tender hacia ella si se quiere que los currículos no sean fragmentados, inútiles, falsos y difíciles y, consecuentemente, desilusionen al alumnado. Ello implica que desde la ciencia escolar deberían seleccionarse con mucho sentido los modelos a enseñar, para que fueran significativos desde el punto de vista de la ciencia y relevantes para el alumnado, y que cada equipo de profesores de una escuela debería ser coherente en promover el uso y la evolución de dichos modelos a lo largo de los distintos cursos.

4.4. La selección de contextos de aprendizaje

Tradicionalmente, la ciencia escolar ha partido del análisis de situaciones, problemas o ejemplos propios sólo del contexto escolar. Al estudiante le es sumamente difícil transferir estos aprendizajes al análisis o explicación de situaciones de su entorno. Por ejemplo, la mayoría de cambios químicos que se muestran o explican en los libros de texto se refieren a experiencias que el alumnado sólo verá en la escuela y únicamente le servirá para responder a problemas y preguntas de evaluación escolares (cuadro 4.4)

Cuadro 4.4. *Extracto de un libro de texto.*

Influencia de los catalizadores en la velocidad de reacción

Hay sustancias que modifican la velocidad de una reacción permaneciendo inalteradas al terminar la reacción. Estas sustancias son los catalizadores.

Por ejemplo, cuando se hace reaccionar cinc con ácido sulfúrico diluido se obtiene sulfato de cinc y un gas, hidrógeno. La ecuación correspondiente a esta reacción es la siguiente:

$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2 \uparrow$$

(La flecha hacia arriba indica desprendimiento gaseoso.)

Si en el recipiente donde tiene lugar esta reacción se pone una viruta o un trozo de alambre de cobre, se observa que la velocidad con que se salen las burbujas de hidrógeno es mayor que cuando no hay cobre. El cobre permanece inalterado, puesto que no es atacado por el ácido sulfúrico diluido. En consecuencia, el cobre es un catalizador de dicha reacción.

Un punto de vista muy distinto consiste en partir de situaciones o problemas relevantes socialmente. En el capítulo anterior se ha tratado sobre las finalidades de la enseñanza de las Ciencias. Si se está de acuerdo con una visión crítica de la ciencia y de su enseñanza, la ciencia escolar no puede obviar aproximarse a la comprensión de los problemas del planeta y, por tanto, plantear preguntas en relación a estos problemas, a partir de las cuales construir modelos teóricos explicativos.

Pero dar respuesta a esta finalidad no está exenta de dificultades. He aquí algunas de ellas:

- *Complejidad de los problemas reales.* Los problemas del mundo "real" son complejos, mientras que los que se han analizado tradicionalmente en la ciencia escolar son simples. Por ejemplo, el cuadro 4.5 recoge un extracto de un artículo aparecido en la prensa que analiza el "problema del agua", en el que se pone de manifiesto la necesidad de abordar este problema desde perspectivas mucho más complejas que las habituales, cosa que implica un estudio interdisciplinar. Si la escuela también plantea el análisis de este problema no puede reducirlo a las versiones clásicas de contaminación del agua y de su depuración y potabilización. La historia que han de aprender a contar los alumnos tiene que ser necesariamente más compleja.

  Consecuentemente, los modelos teóricos a desarrollar en una ciencia escolar coherente con los planteamientos de una ciencia compleja no pueden ser los mismos que los derivados de la ciencia disciplinar clásica. Afrontar la enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva de la complejidad implica hacerlo desde una manera de mirar determinada, desde un marco teórico –fundamentalmente la teoría de sistemas– que ha construido sus propias preguntas, lenguaje, experiencias, analogías, modelos, valores, etc. para representarla.

Cuadro 4.5. *Los problemas reales son complejos.*

Agua, ciencia... y Reyes Magos

[...]

¿Qué papel corresponde a la ciencia en la resolución del problema del agua? ¿De qué manera puede ayudarnos a resolver el problema aquella a la que hemos encomendado la labor de estudiar el porqué de las cosas?

En primer lugar, conviene constatar que, hasta el momento, la ciencia ha sido capaz de resolver la mayoría de los problemas puntuales que se le han ido planteando. Así, ya nadie piensa en la dificultad de llevar agua de un sitio a otro mediante sistemas de canalización y bombeo, o en cómo eliminar del agua sustancias contaminantes...

Sin embargo, esta situación está cambiando..., cuando los problemas han adquirido una dimensión global se hace necesario afrontarlos desde perspectivas que permitan abordar su complejidad.

(.../...)

Y ello es difícil, como lo muestra la historia reciente [...]. En los años ochenta, se hizo hincapié en la necesidad de depurar las aguas. Diez años después, las inversiones previstas para tratar los fangos superaban las inversiones para tratar el agua [...]. Actualmente, se está invirtiendo en nuevas propuestas para el tratamiento de los fangos, como el secado térmico [...]. Es decir, en el proceso hemos ido pasando el problema del medio líquido (el agua) al sólido (los fangos) y, finalmente, a la atmósfera, con el aumento en cada caso del coste energético.

[...] Hay que hacerse nuevas preguntas, ya que no vale proponer soluciones parciales... Dentro de 60 años, ¿de dónde sacaremos la energía para bombear el agua de los trasvases o para mover las turbinas que aporten oxígeno a nuestras depuradoras?

La participación más relevante de la ciencia debería ser la que proviene de reconocer la complejidad –lo cual ayuda a plantear correctamente las nuevas preguntas–, al mismo tiempo que reconocer humildemente nuestras limitaciones. A la ciencia le toca el (des)agradable papel de (des)velar secretos, desvanecer soluciones mágicas y explicar la dificultad o imposibilidad de que los Reyes Magos nos traigan todo lo que les pedimos en la carta.

¿Mensaje pesimista? Al contrario [...]. En el ámbito científico aparecen grupos multidisciplinares capaces de afrontar con mayores garantías el problema, mientras nuevas metodologías nos obligan a reflexionar de forma más global...

Y es que, como decía alguien, un problema bien planteado ya está medio resuelto.

Fuente: Manuel Poch (UdG): Extracto del artículo aparecido en *La Vanguardia,* 1-1-2001.

- *Las distintas teorías científicas se corresponden con "formas de mirar" el mundo.* Cada disciplina relaciona los hechos que analiza con modelos específicos. Así, por ejemplo, al afrontar el estudio de una roca, un geólogo *ve* unos aspectos en función de su marco teórico, y un químico, un físico, un ecólogo, un arquitecto, etc. ven otros muy distintos, aunque a unos y a otros les pueda ser útil reconocer las diversas formas de mirar, de modelizar. Hay ciencias de síntesis, como es el caso de la ecología, que toman ideas de otras disciplinas pero que las reformulan al *crear* su propio marco teórico.

  Seguramente, la ciencia escolar actual debería posibilitar, en muchos casos, analizar los distintos problemas desde una perspectiva multidisciplinar, similarmente a los grupos de investigación multidisciplinares que se organizan para afrontar el análisis de los problemas actuales. La dificultad principal está en el hecho de que el profesorado tiene una formación básicamente unidisciplinar. Pero, ¿por qué no promover equipos multidisciplinares entre los que enseñan lo mismo que se hace desde la ciencia?, y ¿por qué no es posible pensar en un currículo escolar planteado alrededor del análisis de problemas relevantes que son estudiados desde distintos puntos de vista?

  Que cada profesor sepa más de algo y que su enseñanza la oriente a promover en el alumnado el análisis de hechos a partir de la *forma de mirar y explicar* propia de su campo no está en contradicción con el hecho de pensar que una de sus funciones como enseñante es también favorecer el establecimiento de relaciones entre las "historias" que se van aprendiendo a contar en las distintas disciplinas.

- *Los problemas relevantes pueden ser los menos intuitivos*. La ciencia escolar tradicional se ha caracterizado por escoger situaciones y ejemplos que permitieran "ver" fácilmente el marco teórico introducido. Por ejemplo, en el estudio de los cambios químicos se recomendaba no partir de la observación de reacciones de combustión porque, al intervenir gases, los alumnos no podían verlos y les era difícil aceptar que la masa se conserva. Sin embargo, las reacciones de combustión son las más importantes desde el punto de vista ambiental y biológico. Problemas como el efecto invernadero y el posible cambio climático necesitan ser analizados entendiendo este tipo de reacciones, al igual que la función de nutrición en los seres vivos.

  Por ello, la ciencia escolar no puede renunciar a plantear el estudio de problemas relevantes, a pesar de que sean menos intuitivos para el alumnado que otros.

  El problema didáctico es, pues, enseñar Ciencias en relación con los problemas o preguntas "con sentido", aunque la solución sea más difícil.
- *Los problemas relevantes cambian constantemente.* Ello comporta que el profesorado debe actualizarse sin cesar. Esta actualización no se refiere sólo a los contenidos científicos, sino también a la ciencia escolar correspondiente. Y a menudo es más fácil el primer tipo de actualización que el segundo, ya que éste lleva asociadas muchas rutinas cuya sustitución por otras necesita mucho tiempo.

  Por ejemplo, en relación con el problema del agua (cuadro 4.5), las preguntas a plantear y la forma de pensar sobre ellas desde la ciencia han cambiado varias veces a lo largo de estos 20 últimos años. En las escuelas hace unos 25 años que se empezó a introducir temas como la depuración y potabilización del agua, y se "idearon" experimentos, se introdujeron nuevos contenidos, ejercicios, etc., muy asociados a la idea de cómo se "limpia" el agua. Poco a poco esta visión del problema se fue incorporando a los distintos programas escolares. Pero, hoy día, seguramente se debería plantear más la idea de "no ensuciar" el agua, porque limitarse a limpiar el agua genera un nuevo problema de solución difícil, que es la eliminación de los fangos. Este cambio de perspectiva no se puede asociar sólo con la introducción de nuevos conceptos. También es un cambio que afecta a las actitudes, a la acción.

  El hecho de que la ciencia evolucione, de que los problemas se planteen en términos distintos, es al mismo tiempo una dificultad de la profesión de enseñar y uno de sus mayores alicientes, ya que ser un buen profesional exige una actualización constante. Las rutinas son necesarias, ya que no podemos estar aprendiendo y actuando conscientemente en cada momento, pero al mismo tiempo, si no se innova, además de enseñar ideas que ya no serían aceptables desde la ciencia, se cae en la monotonía y en el aburrimiento.

4.5. Los antecedentes del alumnado

Es evidente que en la definición de la ciencia escolar será importante tener en cuenta las características de todo tipo del alumnado: edad, condicionamientos sociales, conocimientos previos, intereses, aptitudes...

La edad de los estudiantes es una variable importante. El inicio de la ESO se caracteriza por coincidir con el de la etapa en la que los estudiantes pueden empezar a aplicar operaciones propias de la lógica formal, como son las de tipo hipotético-deductivo. Es habitual comprobar que se producen cambios significativos en la forma de razonar a lo largo del primer curso de ESO y que los alumnos (no todos) empiezan a ser capaces de combinar variables y deducir conclusiones, cuando al inicio de curso tenían muchas dificultades para ello.

Sin embargo, no se debe pensar que los alumnos más jóvenes no pueden pensar a través de modelos, ni que sólo puedan aprender a describir fenómenos de forma concreta. El hecho de que los modelos que puedan construir no sean totalmente congruentes con los de la ciencia actual no implica que no haya que estimularlos a pensar a través de ellos, sabiendo que sus ideas son provisionales y que deberán evolucionar a medida que vayan aprendiendo Ciencias.

Lo importante es que se vayan habituando a plantearse preguntas y a querer aproximarse a dar explicaciones que tengan sentido desde la ciencia. En cambio, si sólo se promueven hábitos de aprendizaje basados en la repetición de saberes presentados como verdaderos, no se favorecerá el desarrollo del pensamiento teórico.

Otro de los aspectos importantes a tener en cuenta en la selección de la ciencia escolar es el grado de conocimiento anterior del alumnado. Demasiado a menudo se pretende enseñar en diferentes cursos los mismos contenidos, sin que los nuevos aprendizajes supongan una evolución significativa en los modelos construidos. Por ejemplo, el estudio de la biología humana se aborda a través de distintos cursos y niveles escolares, pero pocas veces se tiene en cuenta que los estudiantes ya conocen algo sobre el tema y que los nuevos aprendizajes deben conectarse con los anteriores.

Generalmente, se piensa que lo estudiado anteriormente no fue bien aprendido y que es necesario volverlo a repetir. Al analizar los conocimientos previos se tienden a remarcar más los errores que las ideas o intuiciones interesantes, y a confundir lo que el alumno no recuerda en un momento determinado con lo que no sabe. En cambio, tal como se ha argumentado anteriormente, es importante plantearse el aprendizaje de las ciencias como un proceso de modelización que tiene lugar a través de los distintos cursos.

Un tercer aspecto a tener en cuenta es el relacionado con los condicionamientos sociales e intereses del alumnado. La ciencia escolar no puede ser la misma si los ambientes socioculturales del alumnado son diversos, así como sus expectativas de trabajo e intereses. La necesidad de contextualizar el aprendizaje obliga sin duda a plantear problemas distintos, a discutir ejemplos diferentes, a utilizar otras analogías, etc.

Esta diferencia no quiere decir renunciar ya desde el inicio a que todos los alumnos aprendan ciencia significativamente y sean capaces de continuar profundizando en su estudio. Todo lo contrario. Se trata de plantear una ciencia escolar que, por el hecho de tener en cuenta los diversos condicionantes, posibilite que todos se apropien de este tipo de conocimiento ya que, como se ha dicho, no hay mayor injusticia que tratar como iguales a los desiguales.

Demasiado a menudo los profesores renuncian a enseñar a algunos alumnos, bien porque manifiestan que no quieren aprender, bien porque se supone que no pueden hacerlo. Hay estudios interesantes que demuestran que la variable "profesor" es la más importante en los resultados del aprendizaje. Alumnos con condicionantes sociales similares aprenden más o menos en función de si el profesor tiene o no expectativas de que aprenderán. También es importante tener en cuenta que la posible renuncia del profesor o profesora está muy condicionada por el ambiente de trabajo y por los valores y prácticas del equipo de profesores del que forma parte.

4.6. Los criterios de secuenciación

La enseñanza es un proceso que transcurre a lo largo del tiempo, por lo que necesariamente se tienen que tomar decisiones en relación al orden o *secuenciación* en el que se plantea el estudio de las distintas ideas, tanto a lo largo de los distintos cursos escolares como dentro de un mismo curso.

Generalmente, se considera que el aprendizaje de la ciencia requiere un orden muy determinado, especialmente si se quiere que los estudiantes aprendan las ideas "importantes". Como ya se ha indicado antes, se cree que la Física se debe empezar a enseñar por la mecánica, y ésta por la cinemática, y en concreto por el m.r.u. De la misma forma, se considera que la Biología se debe iniciar con el estudio de la teoría celular (y en el Bachillerato por la bioquímica), y el conocimiento de las teorías de la herencia por las leyes de Mendel.

Sin embargo, esto no es tan evidente. A menudo, esta "lógica" tradicional responde más a rutinas no cuestionadas y, algunas veces, al proceso seguido a lo largo de la historia de la ciencia –es el caso de la mecánica y de las leyes de Mendel–, que a los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias. Estos estudios muestran que las secuenciaciones tradicionales no promueven necesariamente un aprendizaje significativo, ya sea porque la "lógica" del alumnado es distinta, ya sea porque conecta poco con sus intereses y sus capacidades.

El aprendizaje de los modelos de la ciencia no tiene por qué seguir un proceso lineal predeterminado. De hecho, necesita adecuarse a los caminos que abren los propios alumnos a partir de sus preguntas, concepciones previas y percepciones, así como de los problemas de su entorno que se considere relevante que entiendan. Como vere-

mos, esta visión aparentemente caótica de lo que se enseña necesita de muchos momentos de síntesis, de explicitación de la evolución y de los cambios en los modelos que se van construyendo al explicar los hechos del mundo.

A continuación, se muestran varios ejemplos de secuenciación alternativos a los habituales:

- Una forma de plantearse la organización de una unidad didáctica en relación con el aprendizaje de un tema es empezar con las observaciones y los conocimientos de los alumnos y a partir de ellos generar preguntas que sean significativas desde el modelo que se quiere ayudar a construir. En una experiencia, se inició el proceso de modelización de la idea de cambio químico observando distintos cambios habituales en el entorno y preguntando a los estudiantes qué podían decir de lo observado. A partir de sus observaciones, la profesora planteó preguntas para responderlas, todas ellas relacionadas con el modelo de cambio químico descrito en la figura 4.6. Los alumnos y la profesora decidieron

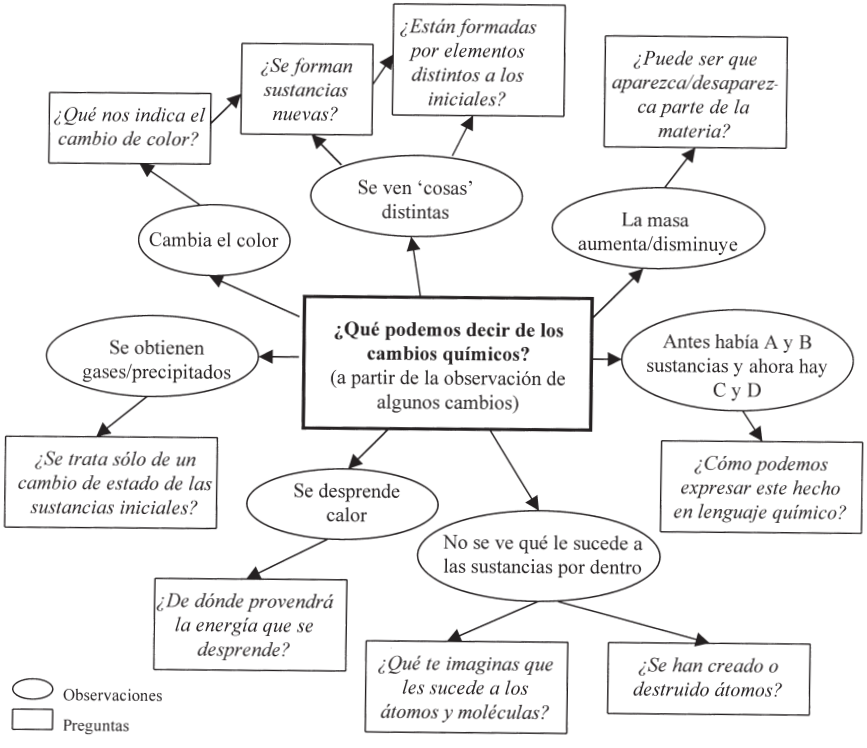


Figura 4.6. Observaciones de los alumnos y preguntas del profesorado.

conjuntamente el orden en el cual discutir las respuestas a las preguntas. A lo largo de todo el proceso hubo distintos momentos en los que se promovió la recapitulación, es decir, la toma de conciencia de todo aquello que iba permitiendo "describir" un cambio químico.

- Otra de las propuestas de secuenciación se centra en identificar los conceptos o entidades del modelo ya conocidas o muy intuitivas. A partir de estos modelos iniciales, se pueden introducir entidades menos familiares y más abstractas, para explicar los mismos hechos y otros (figura 4.7).

  Por ejemplo, tradicionalmente el estudio de la corriente eléctrica se inicia con la introducción de las magnitudes "Intensidad" y "Diferencia de potencial". Posteriormente, se estudia la relación entre ambas o "Resistencia". Finalmente, el "Trabajo eléctrico" y el "Potencial eléctrico". Sin embargo, en una investigación realizada en Israel se comprobó que este proceso "lógico" para los profesores no favorecía el aprendizaje del alumnado, especialmente el de los alumnos con menos aptitudes e interés por el aprendizaje de la Física. Por ello, plantearon una secuenciación totalmente contraria y empezaron dicho estudio a partir de las concepciones que los estudiantes ya tenían sobre "Potencial eléctrico". Todos ellos eran capaces de hablar de la potencia de sus equipos de música, por lo que el modelo de corriente eléctrica se fue construyendo a partir de este concepto.

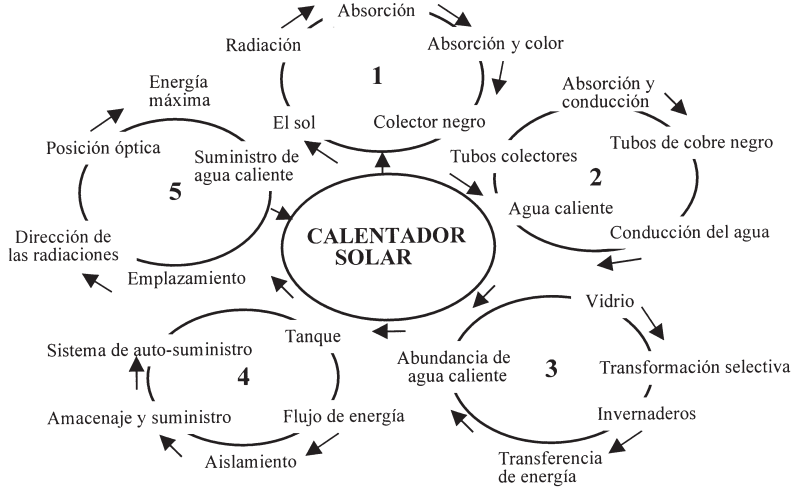


Figura 4.7. Secuenciación de una Unidad Didáctica: "El calentador solar". *Fuente:* Finegold, M. y Mass, R. (1985): *Research in Science and Technological Education*, 3: 59-67.

Estos profesores han propuesto modelos de secuenciación para alumnos poco motivados para el aprendizaje de la física en los que, partiendo del estudio del funcionamiento de algún aparato, analizan distintos componentes, los principios en los que se basan, etc.

- Otro de los criterios posibles a aplicar es el de iniciar el proceso de modelización promoviendo la aplicación de modelos basados en criterios observacionales para poco a poco ir introduciendo criterios cada vez más abstractos.

  Por ejemplo, García Rovira (2001) propone una secuencia para el estudio de la "Teoría cromosómica de la herencia" alternativa a las tradicionales, que se inician con el estudio de las leyes de Mendel. En esta propuesta se parte del análisis de la variabilidad humana y de la elaboración de explicaciones basadas en relaciones de parentesco, para poco a poco ir utilizando entidades más abstractas para explicar los mismos hechos (cuadro 4.6).

Cuadro 4.6. *Ejemplo de secuenciación.*

Secuencia para el aprendizaje de la "Teoría cromosómica de la herencia"(4.º ESO)

El problema inicial planteado es: *¿Cómo explicar las similitudes y diferencias entre familiares?* La variabilidad humana para un conjunto de caracteres físicos es algo muy conocido por todos los estudiantes y que pueden observar directamente. Los primeros modelos utilizados por el alumnado explican la transmisión de dichas características a partir de las relaciones de parentesco.

A continuación se puede introducir la función de las células reproductoras –relacionadas con el ciclo biológico– como vehículo de esta transmisión. En este momento, las explicaciones elaboradas se sitúan al nivel "organismo" y las entidades utilizadas para explicar cómo se transmiten los caracteres entre organismos son las "células".

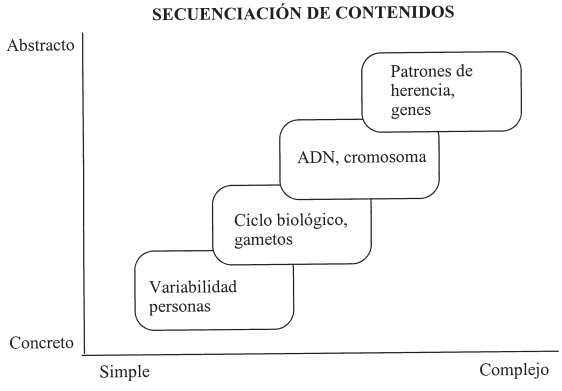
El paso siguiente sería la introducción del concepto de "cromosoma" como estructura que se conserva, se replica y se transfiere, por mitosis para transmitir la información de la célula huevo a todas las demás, o por meiosis para formar los óvulos o espermatozoides. Las explicaciones se sitúan al nivel celular y utilizan una estructura de la célula –el cromosoma– para explicar cómo se transmiten los caracteres en los organismos.

Posteriormente, se puede introducir la entidad "ADN" como una de las sustancias químicas que forman parte de los cromosomas, sin necesidad de hablar de la composición química concreta, pero sí como material que puede contener muchísimos mensajes informativos, así como su capacidad para duplicarlos de manera fidedigna pero haciendo posibles cambios al azar. El concepto de gen se introduce como unidad de información localizada en un determinado cromosoma. Es en este momento cuando los alumnos utilizan la teoría cromosómica de la herencia para explicar cómo se transmiten los caracteres en los organismos.

Analizando este proceso se puede comprobar cómo el nivel de abstracción requerido para explicar el mismo hecho es cada vez mayor: según se explique a nivel orgánico, celular o cromosómico.

Esta planificación favorece la construcción de forma interrelacionada de los conceptos implicados en dichos niveles teóricos, y la toma de conciencia de cuáles son en cada caso los más relevantes para explicar y los que dependen del contexto.

(.../...)



Fuente: Pilar García, IES J. Oliver, Sabadell, 1998.

Estos ejemplos nos muestran que hay distintas formas de plantear la secuenciación del proceso de construcción de modelos por parte de los alumnos, todas ellas de interés. La condición fundamental es ser coherente con el camino iniciado, es decir, utilizar los modelos construidos inicialmente en las siguientes etapas del aprendizaje, ya sea en el mismo curso, ya sea en cursos distintos.

Por ejemplo, Fensham (1994) analizó las diferentes soluciones que se dan al problema de la introducción de la Química para estudiantes de Secundaria (a partir de los 12 años). Después de estudiar diferentes currículos observó que básicamente hay tres aproximaciones que, de hecho, se corresponden con la introducción de los tres modelos que se consideran fundamentales en el campo de la Química: *sustancia, cinético-corpuscular* y *cambio químico:*

– A partir del estudio de las sustancias.
– A partir del estudio de los estados de la materia y de la estructura atómica.
– A partir del estudio de las reacciones químicas.

Al revisar críticamente las tres aproximaciones constató que el principal problema de los libros de texto analizados no residía en la decisión tomada, sino en el hecho de que los diferentes modelos sólo se utilizaban en el momento de introducirlos y a partir de ejemplos-tipo, pero no en las lecciones siguientes. Por ejemplo, el modelo cinético-corpuscular introducido para explicar los estados de la materia no se utilizaba para explicar sus propiedades de las sustancias o los distintos tipos de interacciones y/o cambios. Y viceversa.

Éste es un problema muy habitual en la mayoría de currículos. Cada lección es un tema aislado que el alumno almacena, en el mejor de los casos, en una parte de su memoria sin establecer relaciones con lo ya "aprendido".

Si estamos de acuerdo con la analogía de que es importante que los estudiantes aprendan a explicar historias que cada vez tengan más personajes y con más relaciones, no podemos enseñar una ciencia atomizada. Ello exige coherencia no sólo entre los temas que un profesor o profesora va introduciendo a lo largo de un curso, sino también entre los programas de profesores de distintos cursos. Un reto que puede parecer utópico, pero al que hay que dar respuesta si se quiere que las nuevas generaciones aprendan Ciencias.

4.7. Algunas consecuencias y sugerencias

En los últimos años, los currículos propuestos desde las administraciones educativas tienden a ser cada vez menos prescriptivos, para dar margen al profesorado y a las escuelas a tomar decisiones. Se habla así de currículos semi-abiertos, es decir, de propuestas de contenidos "mínimos" a enseñar, que supuestamente constituirían el corpus cultural básico y común para toda la población, a partir de las cuales se supone que cada centro debería articular su propio currículo. Un currículo totalmente abierto podría dar lugar a una gran dispersión cultural y a dificultades importantes en la articulación de estudios posteriores a los de cada etapa educativa.

Pero aun así, en los currículos actuales hay un amplio campo de maniobra y, tal como hemos visto, la selección, organización y secuenciación de los contenidos de Ciencias a enseñar no es tarea fácil. Se requiere un buen conocimiento, entre otros aspectos, de la ciencia de referencia y de las características del alumnado. Es una tarea que en una escuela sólo se puede asumir en equipo, cooperando profesores de especialidades distintas e incluso de intereses distintos.

Cuando un equipo de profesores se plantea dar respuesta a este problema es importante que analice, en relación con cada variable a tener en cuenta, el mayor número de opciones posibles y tome decisiones interrelacionándolas. No se puede partir del supuesto de que hay soluciones buenas o malas en abstracto, sino que serán idóneas o no en función de las características de los alumnos y del profesorado, y de las condiciones del centro.

La figura 4.8 muestra un resumen de posibles alternativas a tener en cuenta al seleccionar, contextualizar y secuenciar los modelos de ciencia escolar, en función de los cuales introducir a los estudiantes en el mundo de la Química. Algunas de estas alternativas no son tales, en tanto en cuanto se ha demostrado que son poco significativas cuando se pretende enseñar a toda la población. Pero lo más importante es tomar decisiones colectivas (del equipo de profesores) coherentes, por lo que es útil analizarlas todas.

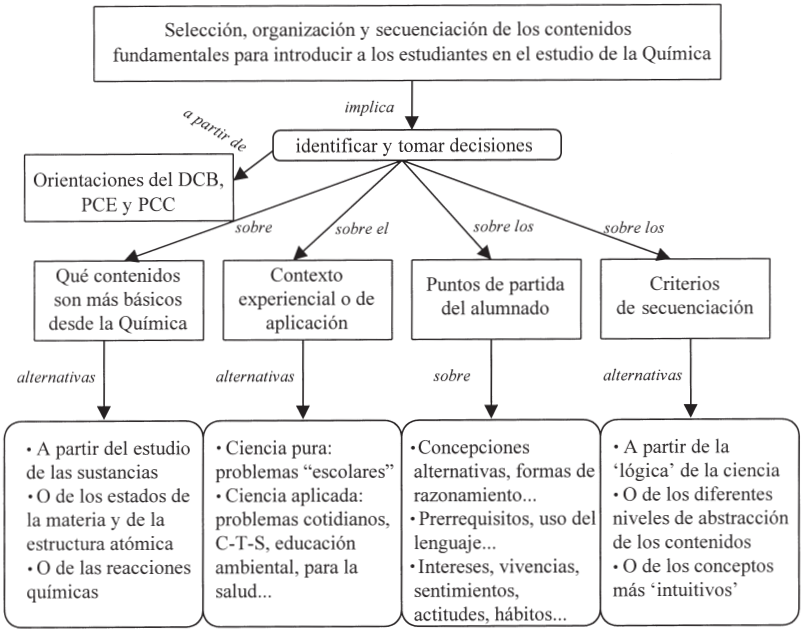


Figura 4.8. Iniciación a la enseñanza de la Química.

Los libros de texto pueden ser una ayuda en la toma de decisiones pero su uso exige por parte del profesorado dos condiciones.

- *Disponer de criterios didácticos para valorar la selección que se pueda hacer.* Es importante poder identificar los criterios adoptados por los autores al decidir qué enseñar y en qué orden y, en función de ellos, argumentar la conveniencia o no de tener un determinado texto como referente de la propia programación. Es muy importante que los argumentos sean compartidos por el equipo de profesores de un centro.
- *Adaptar la programación a las características del alumnado*. En principio, un mismo libro de texto puede ser utilizado por alumnos de niveles socioculturales y académicos muy distintos, que viven en lugares con problemas sociales diversos. Si la ciencia que se enseña ha de ser relevante para el alumnado, se requerirá reelaborar la propuesta para contextualizarla y adecuarla a las necesidades de cada grupo de alumnos.

En el cuadro 4.7 se reproduce un cuestionario orientado al análisis de proyectos o de libros de texto con la finalidad de poder valorar su interés.

Cuadro 4.7. *Guión para el análisis de proyectos y libros de texto.*

Análisis de propuestas de selección, organización y secuenciación de contenidos

A continuación, se plantea un conjunto de cuestiones orientadas a profundizar en el análisis de las propuestas de contenidos implícitas en textos o proyectos para la enseñanza de las Ciencias.

Sobre cada texto:

a) Analizar:

- ¿Se puede identificar un modelo o idea que sea el eje conductor de un conjunto de lecciones? ¿Cuál o cuáles? (Para favorecer el análisis puede ser interesante confeccionar un mapa conceptual que relacione los conceptos introducidos en un conjunto de lecciones.)
- Desde la Ciencia actual, ¿es relevante este modelo o idea? ¿Por qué?
- ¿Es relevante socialmente? ¿Con qué situaciones o problemas se relaciona?
- ¿Favorece el establecimiento de relaciones con otras disciplinas? Ejemplos.
- ¿Puede conectar con los conocimientos previos y/o intereses del alumnado de la escuela? ¿En qué aspectos se fundamenta la opinión?
- ¿Cuál es el criterio adoptado en la secuenciación propuesta? ¿Tiene interés didáctico? ¿Por qué?

b) En función del análisis anterior, valorar el interés de la selección de contenidos planteada en el proyecto o libro de texto.

(Los criterios de selección se habrán de complementar con otros: lenguaje, ilustraciones, tipos de actividades propuestas...)

Para terminar, conviene tomar conciencia de que las intenciones educativas se concretan especialmente en el momento de la evaluación. Una escuela, un profesor, podrían tomar decisiones innovadoras en relación con la ciencia a enseñar e incluso aplicarlas, pero si finalmente se evalúan contenidos distintos, los estudiantes sólo percibirán que éstos son los importantes y a ellos orientará muy prioritariamente su aprendizaje. No hay que olvidar que los exámenes definen más fielmente las prioridades del que enseña y del que aprende, que lo que se pueda hacer o decir en otros momentos del proceso de enseñanza-aprendizaje.

Parte II

¿Cómo aprenden Ciencias los estudiantes?

5
Aprender Ciencias, un proceso muy complejo

Aprender es el resultado de un conjunto de factores que interaccionan entre sí, en relación con cada individuo. Las distintas teorías psicológicas responden más a distintas formas de mirar cómo aprende el mismo individuo que a puntos de vista alternativos. Como escribió A. Riviere: "Todos estudian, sin duda, el mismo sujeto, pero su imagen es fragmentada".

Lo cierto es que, en los últimos treinta años, la toma de conciencia de que los estudiantes tienen ideas para explicar los distintos fenómenos naturales, construidas al margen de aquello que se les enseña en la escuela, ha hecho replantear en buena medida todos los puntos de vista sobre cómo enseñar Ciencias.

En este capítulo se revisarán algunas de las principales ideas sobre el aprendizaje científico y se profundizará especialmente en las características de las concepciones que construye el alumnado.

5.1. Ideas espontáneas sobre cómo aprenden los estudiantes

El modelo intuitivo, y generalmente implícito, que se tiene sobre cómo se adquiere el conocimiento se basa en la creencia de que toda persona está dotada, en mayor o menor grado, de unas capacidades que forman lo que se llama inteligencia y que le permiten asimilar en su pensamiento un conjunto de conocimientos ya elaborados que otras personas le transmiten.

Según este modelo tan simple, para aprender se requieren dos condiciones fundamentales: tener las capacidades mínimas (entre las que también debería incluirse la capacidad para interesarse por los temas objeto de aprendizaje) y, en segundo lugar, que alguna otra persona (oralmente, por escrito o a través de imágenes) presente los

conocimientos de forma adecuada. Si un estudiante fracasa se explica porque no se cumple alguna de las dos condiciones.

Las opiniones sobre si las cualidades personales relacionadas con la inteligencia son innatas o no, varían de unos enseñantes a otros. Unas veces se habla sólo de *inteligencia*, pero también se utiliza la expresión *este alumno o alumna es poco maduro* para indicar que su nivel de desarrollo intelectual es bajo en relación con las expectativas.

Para explicar los problemas de los estudiantes en relación con el aprendizaje, especialmente los relacionados con la falta de interés y dedicación al estudio, se recurre a los condicionamientos ambientales de tipo familiar. Es interesante constatar la tendencia generalizada a buscar las causas del fracaso escolar en influencias ajenas al aula. Muy pocas veces se establecen relaciones entre la actividad de alumnado en la escuela y los resultados de su aprendizaje.

Los errores manifestados por los alumnos se piensa que son simplemente ideas mal aprendidas, ya sea porque fueron mal explicadas o porque no comprendieron bien su significado. Aunque se conozcan estudios sobre concepciones alternativas, persiste la visión que se tenía al inicio de dichas investigaciones en las que se hablaba de *misconceptions* o *errores conceptuales,* y muchas veces se considera *concepción alternativa* a la confusión en el momento de nombrar algo. Por ejemplo, se piensa que un alumno manifiesta una idea alternativa cuando nombra la palabra laringe cuando está pensando sobre la faringe.

Al papel de estas concepciones en el aprendizaje se le da poca importancia, y mucho menos a que los estudiantes tomen conciencia de ellas. Fruto de estos puntos de vista es que, muchas veces, cuando se discute sobre la necesidad de detectar los razonamientos de los estudiantes en relación con algún hecho, no sólo al inicio de un tema, sino a lo largo de su estudio, se opina que es una pérdida de tiempo, ya que son conocidas por el profesorado. Otra consecuencia es que se plantean preguntas que se refieren más a los prerrequisitos o ideas que se piensa que el alumnado ya debe saber que a las ideas que pueda haber construido sin haber sido enseñadas.

La actividad del cuadro 5.1 está orientada a reflexionar sobre cuáles son las propias ideas en relación a las causas de las explicaciones "no científicas" que dan los estudiantes.

5.2. Las concepciones alternativas: algo más que una curiosidad

Los estudios sobre las concepciones del alumnado son el punto de partida de buena parte de las investigaciones que se llevan a cabo en Didáctica de las Ciencias y un referente imprescindible para el diseño de un currículo. Pero, ¿qué son estas ideas? ¿Qué características tienen? ¿Cómo se orienta la investigación en relación con ellas? ¿Qué diferencias hay entre ellas y las ideas científicas?

Cuadro 5.1. *Ideas sobre causas de las explicaciones alternativas de los estudiantes.*

¿Por qué los estudiantes dan explicaciones alternativas?

Los profesores damos diferentes explicaciones a los errores que manifiestan los alumnos cuando les preguntamos acerca de sus concepciones científicas.

A continuación, reproducimos las respuestas de diferentes estudiantes de 15 años a preguntas planteadas en clase después de haber iniciado el estudio de los temas correspondientes.

Pregunta: *Comemos un trozo de pan y bebemos un vaso de naranja. ¿Qué camino siguen estos alimentos a lo largo de nuestro aparato digestivo?*

"El trozo de pan llegará al estómago, de allí pasará al intestino y lo que no sea absorbido saldrá por el ano. La naranjada pasará del estómago, que es donde se absorben las vitaminas, al riñón donde se forma la orina que sale por el otro conducto."

Pregunta: *Estamos en la superficie de la Luna y dejamos caer una pelota. ¿Qué pasará? ¿Por qué?*

"La pelota flotará por el espacio. Como no hay oxígeno, no hay atmósfera y, por tanto, no habrá nadie que lo empuje hacia abajo."

En cada caso, un grupo de profesores se reúne y discute las posibles razones que explicarían este tipo de ideas. Las interpretaciones que se dan son:

a) Los alumnos tienen errores importantes fruto de un mal aprendizaje.
b) El nivel de razonamiento de cada alumno es muy concreto y las ideas sobre las que tienen que hablar son abstractas. Se debería esperar a que madurasen más para enseñarles estos conceptos.
c) Estos estudiantes ha de ser necesariamente unos malos alumnos. Es posible que no estén atentos en clase, y que tampoco estudien.
d) Los estudiantes no han adquirido el vocabulario apropiado, no tienen los conceptos necesarios para hablar del tema.
e) Las ideas que expresan los alumnos son lógicas desde su punto de vista y son fases normales en su proceso de aprendizaje.
f) Si hay muchos alumnos como éstos en la clase es que el profesorado no ha planificado bien el proceso de enseñanza. Debería revisar su programación.
g) Estos estudiantes no integran los conocimientos enseñados en la escuela y sólo hablan de lo que ellos piensan. No relacionan sus ideas con las que se explican en clase.
h) Los alumnos que expresan estas ideas son poco inteligentes. No es adecuado que estudien ciencias.
i) Otras opiniones: .....

¿Con cuál o cuáles de estas opiniones estás de acuerdo y con cuáles no? ¿Por qué?

Se sabe que cualquier persona desarrolla y utiliza modelos explicativos sobre la realidad que le rodea. La génesis y la evolución de muchas de estas ideas se deben a un proceso natural, pero complejo, en el que son fundamentales las experiencias de

cada uno, las interacciones con otras personas y las propias capacidades de razonamiento. Por ejemplo, una niña de 9 años, al explicar por qué se utiliza agua para lavar la ropa, sin que nadie le haya hablado nunca de este tema, es capaz de decir: "Porque el agua es líquida y moja, y además es limpia. Al frotar, la suciedad de la ropa se va hacia el agua". Es evidente que la niña que da estos argumentos tiene una experiencia del fenómeno, ha lavado ropa y sabe que el agua moja, es limpia y es líquida porque seguramente sus familiares o amigos alguna vez han utilizado estas palabras para describirla (es decir, ha aprendido socialmente a dar nombres a propiedades), y tiene la capacidad de seleccionar estas propiedades del agua como significativas para explicar el fenómeno y de relacionarlas (es decir, tiene unas habilidades de razonamiento).

Cuando estas ideas expresadas por los jóvenes (y por los adultos) no se parecen a las aceptadas actualmente por la ciencia, se llaman *concepciones alternativas*. Éste es el término que se viene usando en los últimos años aunque muy a menudo es difícil decir si una concepción es *alternativa* o, simplemente, se trata de una aproximación a las formas explicativas actuales.

Las concepciones alternativas pueden ser elaboraciones complejas y, sobre todo, válidas y racionales en el contexto en que se formulen. Por ejemplo, creer que para que exista un movimiento es necesario ejercer una fuerza, es un razonamiento que en la vida cotidiana "funciona". Ello ha conducido a que actualmente se opine que aprender Ciencias no implica tanto un cambio en las concepciones de los estudiantes (que ya está bien que las mantengan para funcionar en el contexto cotidiano), como un aprendizaje de otras formas de ver y explicar que son las válidas cuando se habla en el contexto científico.

El problema es que muchos estudiantes construyen el conocimiento científico sólo con la finalidad de pasar exámenes y de responder a problemas planteados en el contexto escolar. Tal cosa no comporta que hayan aprendido a diferenciar los dos contextos y a relacionarlos, por lo que este tipo de conocimiento se olvida pronto, ya que no se ha reconocido su utilidad. En cambio, dado que las ideas alternativas son significativas para explicar los fenómenos cotidianos, es decir, permiten tanto organizar e interpretar la realidad como predecir y controlar los acontecimientos del día a día, se mantienen a lo largo de los años a pesar de los aprendizajes hechos en la escuela.

Muchas veces, en el estudio de los modelos teóricos científicos actuales, estas ideas actúan como obstáculos epistemológicos. Éstos son formas de pensar arraigadas que tienen una estructura tanto conceptual como metodológica que pudieron tener en el pasado cierto valor pero que en el momento actual dificultan la construcción del conocimiento científico. Estos obstáculos pueden reflejar una forma de pensar dominante en una época determinada. Un ejemplo de tipo histórico, relatado por Astolfi y Peterfalvi (1993), es sumamente ilustrativo:

> El biólogo Claude Bernard pudo demostrar en 1856 que la sangre pierde el oxígeno que contiene en presencia de monóxido de carbono. Sin embargo, no consiguió integrar y explicar realmente esta idea hasta 1865, cuando se da cuenta de que el color rojo común a la oxihemoglobina y a la carboxihemoglobina le había hecho creer que el monóxido de carbono impedía "a la sangre arterial convertirse en venosa". Lo que resultaba difícil imaginar era precisamente que un compuesto pudiera ser a la vez rojo y pobre de oxígeno. Era más fácil acoplar en una sola idea el rojo con el oxigenado e imaginar la intoxicación como un impedimento para la desoxigenación de la sangre, puesto que seguía siendo roja. Fueron casi diez años los que se requirieron para que el obstáculo fuera claramente identificado y franqueado".

De la misma forma, a los estudiantes les es difícil "ver" los fenómenos desde otras perspectivas y "hablar" de ellos utilizando conceptos e ideas distintas que las que ha construido a partir de "sentido común". Por ello, muchas veces aprender Ciencias se puede asimilar a la superación de obstáculos y se habla de que los verdaderos objetivos de una enseñanza científica no se pueden definir a priori e independientemente de las concepciones de los alumnos, ya que, de hecho, los objetivos consisten en transformaciones intelectuales para la superación de los obstáculos.

5.2.1. ¿Qué características tienen las concepciones alternativas?

Se han realizado muchísimos estudios acerca de las concepciones alternativas y de su posible caracterización. En algunos casos la investigación didáctica ha llegado a acuerdos sobre algunos aspectos que las definen, pero hay otros en los que persiste la controversia. Entre las características estudiadas destacaríamos las que hacen referencia a la:

a) Generalidad.
b) Persistencia.
c) Estructuración.
d) Dependencia del contexto.

a) La mayoría de las concepciones alternativas tienen un **carácter general**, es decir, se encuentran en individuos de diferentes capacidades, géneros y culturas.

Con relación a las capacidades, los estudios realizados demuestran que no se encuentran diferencias entre alumnos de buen nivel intelectual y alumnos con problemas de aprendizaje. Cuando se realiza una evaluación inicial, las diferencias en las ideas alternativas expresadas no guardan correlación con las aptitudes del alumnado. Igualmente, se han encontrado pocas diferencias en relación con género (véase el cua-

dro 5.2), pero los estudios realizados tampoco acostumbran a estar específicamente diseñados para controlar esta variable.

Cuadro 5.2. *Relaciones entre ideas y género*.

¿Por qué un mineral del que se puede extraer hierro no es atraído por un imán?

Cuando se formuló esta pregunta a alumnos y alumnas de 13 años se encontraron fuertes diferencias entre las explicaciones dadas.

Las chicas se refirieron principalmente a que el hierro debería estar en muy pequeña proporción o que el mineral estaría recubierto por una capa de alguna sustancia que le impedía ser atraído.

En cambio los chicos *sustancializaron* la propiedad: "No se le había hecho pasar por una corriente eléctrica para que le diera cargas eléctricas", "Al mineral le falta la sustancia que atrae al imán...".

Estas diferencias se pueden explicar si se piensa que los chicos habitualmente (éste era el caso) tienen más experiencia que las chicas en la manipulación de electroimanes. Las diferencias en los conocimientos prácticos pudieron influir en la elaboración de los distintos tipos de explicaciones.

En cambio, hay muchas más investigaciones en relación con los contextos culturales. Se ha comprobado que la variable cultural sólo es significativa cuando intervienen tradiciones, creencias o formas lingüísticas muy específicas, como ocurre con algunas ideas sobre cosmología (creencias sobre el origen del mundo), o palabras usadas para hablar sobre el calor o el movimiento u otros campos, que pueden ser distintas según las lenguas.

Todo ello conduce a pensar que, en la construcción de las concepciones alternativas, deben de tener algún tipo de influencia las formas de percibir y de organizar la información del sistema cognitivo humano, ya que es común a toda la especie.

b) Otra de las características analizadas es la **persistencia** a lo largo de los años y a pesar de la instrucción escolar.

Es evidente que con la edad hay algunas concepciones que varían pero, sorprendentemente, otras permanecen prácticamente inalteradas en su estructura básica. Parece como si hubiera concepciones mucho más duraderas que otras. En general, las más persistentes son las que tienen una base sensorial, las que la explicación científica contradice la percepción cotidiana. Por ejemplo, llegar a poder imaginar que, cuando es invierno en el hemisferio Norte, estamos más cerca del Sol, contradice todas las observaciones diarias según las cuales cuanto más cerca estamos de un foco de calor mayor es la temperatura.

Por ello, no es de extrañar que se diga que, para aprender ciencias, es necesario aprender a *mirar* y a *ver* los fenómenos desde otros puntos de vista, y que al enseñar será necesario diferenciar entre aquellas concepciones que necesitan de *estrategias de alto poder* para conseguir el cambio conceptual, y aquellas otras que varían sólo con *métodos convencionales* bien planificados.

Sólo se encuentran diferencias significativas en las concepciones expresadas cuando se trata de personas expertas en un determinado tema. Así, licenciados especialistas en un área pueden expresar ideas alternativas cuando se refieren a un campo en el que no son especialistas. No hay prácticamente diferencias entre ideas expresadas por estudiantes universitarios de Física cuando se les pregunta sobre temas de Biología o viceversa, y alumnos de 12 años, a pesar de que los primeros hayan seguido más cursos de Ciencias que los jóvenes (cuadro 5.3).

Cuadro 5.3. *Estabilidad de las concepciones.*

¿Por qué el sulfato de cobre hidratado es azul?

A continuación, se reproducen respuestas dadas por alumnos de distintas edades que responden todas a una visión **sustancializadora** de la propiedad "color azul" del sulfato de cobre hidratado. Para construir las explicaciones los estudiantes acuden a analogías y/o conocimientos provenientes de campos experienciales o teóricos diversos.

- *Porque el sulfato de cobre hidratado ha absorbido algo que es azul. Es como los "comecocos" que se comen cosas que están por ahí y se transforman (11 años).*
- *El sulfato de cobre hidratado tiene una materia que le da el color azul característico. Es igual que cuando se tiñe una ropa (13 años).*
- *Debe tener un pigmento que le da el color característico. Debe ser como con las algas, hay de distintos colores y dependen del pigmento que tienen (15 años).*
- *El sulfato de cobre hidratado debe tener algunos átomos de color azul (15 años).*
- *El cobre que contiene la molécula de sulfato de cobre hidratado es el que da color azul (19 años).*

c) La variable que estudia el posible carácter **estructurado** y coherente de las concepciones es una de las más controvertidas.

Ya desde el principio de la investigación en este campo se empezaron a utilizar expresiones para calificar las concepciones de los estudiantes como esquemas alternativos, estructuras, teorías, modelos, etc., que indicaban la suposición de que se trataba de un cuerpo estructurado de conocimientos que se aplicaba en diferentes dominios (cuadro 5.4).

Cuadro 5.4. *Un mismo "marco teórico" para explicar distintos fenómenos.*

Sustancialización de propiedades de la materia, calor, fuerza...

- ¿Por qué el azúcar es dulce?
- ¿Por qué el sulfato de cobre hidratado es azul?
- ¿Por qué el hierro es atraído por un imán?
- ¿Por qué al calentar una lámina de cobre su masa aumenta?
- ¿Cómo explicas que en una competición Juan envía la bola más lejos que Pedro?

A estas preguntas tan distintas, algunos alumnos responden utilizando el mismo modelo *"sustancializador"* de la materia. Sustancializan el gusto dulce (el azúcar ha de tener "algo" –átomos, sustancias, componentes...– responsable del gusto dulce), sustancializan el color, sustancializan la propiedad de atraer (el hierro tiene cargas, tiene electricidad, tiene sustancias...), sustancializan el "calor" (el aumento de masa se debe a la absorción de calor) y sustancializan la fuerza (tiene más fuerza, tiene más músculos, ha comido más...).

Sin embargo, los alumnos no siempre son "coherentes" aplicando el mismo modelo sustancializador a la explicación de todos los fenómenos. Hemos visto que influyen otras variables como, por ejemplo, las experiencias anteriores (véase el cuadro 5.2) y depende también del contexto en el que se plantea la pregunta.

Pero la existencia de estas posibles estructuras aún no se ha demostrado, ya que es difícil acceder a ellas por su carácter fuertemente implícito. Para encontrar regularidades entre las distintas expresiones del alumnado lo que hacen habitualmente los investigadores es inferir algunas reglas o criterios en el razonamiento de los estudiantes en relación con diferentes marcos teóricos. Por ejemplo, se escogen criterios relacionados con las ideas de la ciencia formal actual –la "ciencia de los científicos"–, o con modelos generados a lo largo de la historia de la ciencia –el modelo sustancializador de las propiedades de la materia tuvo mucha importancia históricamente–. Pero también se escogen criterios más psicológicos, como los relacionados con operaciones mentales –explicaciones más propias de un pensamiento concreto o formal–, con los llamados estilos cognitivos del alumnado –tendencia a pensar globalmente o analíticamente–, con tipologías de razonamiento –explicaciones lineales (causa/efecto/causa/efecto) o más complejas–... Algunos de estos criterios no tienen por qué ser contradictorios, pero todavía se han estudiado poco las posibles interrelaciones entre ellos.

Por todo ello, existen muchas líneas de trabajo distintas y muchas formas de aproximarse al intento de describir posibles estructuras que pudieran estar en la base del razonamiento que expresan las concepciones alternativas, aunque también hay quienes opinan que no tiene sentido buscar indicios de coherencia, ya que creen que las concepciones intuitivas son sólo un conjunto fragmentado de ideas sin ninguna sistemacidad.

d) Otra de las variables más estudiadas es la **dependencia del contexto** de las concepciones expresadas por los estudiantes.

Para algunos investigadores las concepciones son representaciones *implícitas,* en el sentido de que son construcciones que hace el estudiante *ad hoc* o sobre la marcha para atender a las demandas de una tarea. También se habla de mini-teorías que el estudiante genera para interactuar con éxito con cada tipo de escenario.

Ello es debido a que se han observado cambios en las ideas expresadas por los estudiantes al cambiar el enunciado de las cuestiones, según si la pregunta se plantea en relación a una situación cotidiana o escolar, según si se trata de una situación de la que tienen experiencia o no, etc. (véanse cuadros 5.5 y 5.6).

Cuadro 5.5. *Las respuestas pueden depender del contexto.*

Aislantes térmicos

Las dos preguntas siguientes se explican utilizando el mismo concepto de aislante térmico. Sin embargo, los estudiantes dan respuestas muy distintas. A la primera pregunta, muy académica, acostumbran a dar la respuesta esperada, mientras que, en el segundo caso, aplican razonamientos alternativos relacionados con la idea de que la lana produce o transmite calor.

- En el laboratorio, hemos puesto 100 cm^3 de agua a 50 ˚C en dos vasos, A y B, del mismo tamaño, pero uno de ellos (el B) se ha envuelto con una funda de ropa. Después de 5 minutos el vaso A está a 40 ˚C y el B a 45 ˚C. ¿Cómo explicas la diferencia?
- Explica por qué te pones un jersey de lana para no tener frío.

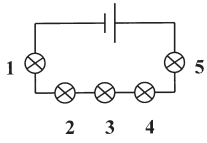
Pero, al mismo tiempo, en algunos casos se ha comprobado que se adaptan modelos explicativos a diferentes contextos y que el estudiante incorpora datos provenientes de nuevas informaciones que va recibiendo, en el contexto escolar o a través de los *mass media,* a sus concepciones preexistentes, lo que avalaría la afirmación de que muchas de dichas concepciones son consistentes (cuadros 5.4 y 5.6).

Cuadro 5.6. *Tres preguntas, una misma tipología de respuestas.*

Concepciones alternativas sobre circuitos eléctricos

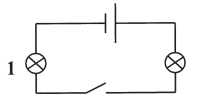
Muchos alumnos tienen una concepción de la "corriente eléctrica" como algo que circula desde un polo de la pila hacia el otro y que se va "gastando" a medida que circula (no diferencian entre distintas magnitudes eléctricas). A pesar de su experiencia cotidiana obtenida al observar adornos luminosos de árboles de Navidad u otros, algunos estudiantes responden a diferentes preguntas con ideas alternativas a las científicas de forma coherente:

(.../...)

1) 

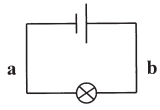
¿Qué bombilla ilumina más?

Respuesta: *La 1 (o la 5). La 2 algo menos y así sucesivamente*

2) 

¿Qué bombilla (s) estarán encendidas?

Respuesta: *La 1 (o la 2). La otra no, por estar 'después' del interruptor*

3) 

¿Por dónde circula corriente cuando se enciende la bombilla?

Respuesta: *Tipos de respuestas alternativas:*
- *Por a) o por b) pero no por ambos filamentos*
- *Por a) y por b), pero en el segundo filamento con menos intensidad*
- *Por a) y por b), pero siempre en dirección de la pila a la bombilla*

5.2.2. *Conocimiento cotidiano, conocimiento científico y conocimiento escolar: ¿tres tipos de conocimiento distintos?*

A menudo se tiende a considerar las concepciones alternativas como un tipo de conocimiento cotidiano, con características y reglas de funcionamiento distintas de las que definen el conocimiento científico. Los intentos por caracterizar las diferencias entre uno y otro tipo de conocimiento son muy variados. Por ejemplo, Pozo y Gómez Crespo (1998) distinguen entre principios epistemológicos, ontológicos y conceptuales.

Desde este punto de vista se considera que para el conocimiento cotidiano la realidad es tal como se observa, que la interpretación de los hechos se efectúa en términos de estados de la materia desconectados entre sí, y que los principios conceptuales se basan en esquemas de causalidad simple, cambio sin conservación u otras. En cambio, para el conocimiento científico los modelos son distintos de la realidad, las interpretaciones de los fenómenos son de tipo sistémico y los principios conceptuales se fundamentan, entre otros, en la interacción, en la conservación y en las relaciones cuantitativas.

Pero también hay otros planteamientos, fundamentados en corrientes epistemológicas distintas, que no pretenden delimitar estrictamente entre ciencia y no cien-

cia, ni diferenciar los contextos de creación y de justificación del conocimiento científico.

Por ejemplo, desde el "modelo cognitivo de ciencia" propugnado por Giere (véase apartado 2.2.c), se concibe que el límite entre lo racional y lo no racional no es claro, y que una teoría sólo es válida si tiene significado y es útil para interpretar fenómenos y para actuar sobre ellos. De alguna manera, pues, los hechos, los experimentos, forman parte del modelo teórico en tanto en cuanto son *mirados* desde una determinada perspectiva teórica.

Por ejemplo, podemos reflexionar sobre si la visión "sustancializadora" de las propiedades de la materia es *cotidiana* y *no científica* frente a la visión "corpuscular mecanicista". Si analizamos los puntos de vista sustancializadores y mecanicistas constataremos que han coexistido durante siglos de la historia de la ciencia. Sería absurdo pensar que, desde Aristóteles hasta Sthal en el siglo XVII, los pensadores que asociaban las propiedades de la materia a "principios" tuvieran un pensamiento "cotidiano", y que en cambio Demócrito y sus continuadores tuvieran un pensamiento "científico".

Más bien se pueden interpretar sus diferencias diciendo que el modelo de Demócrito explicaba un tipo de hechos y el de Aristóteles otros. Para éste una pregunta importante era por qué los "compuestos químicos" (él no les llamaba así) tienen propiedades diferentes de las de sus componentes, y a esta pregunta los "átomos" de Demócrito no le proporcionaban una explicación. Aristóteles podía explicar los cambios en el gusto, color u olor de las sustancias suponiendo la existencia de soportes materiales ("principios" que pasaban de unas sustancias a otras), mientras que para Demócrito esta pregunta no era significativa, ya que en su modelo las propiedades no podían tener una existencia "real".

Según Mosterín (1984), actualmente el atomismo clásico es insostenible. Por ejemplo se pregunta: "¿Qué permanece en las aniquilaciones y creaciones de partículas subatómicas, además de la conservación de ciertos números cuánticos?", y, en cambio, considera que: "La teoría aristotélica de la materia y la forma se corresponde con la tendencia actual a considerar las cosas como sistemas, es decir, como universos o conjuntos de elementos (la materia) provistos de estructura (la forma)" (p. 83).

Estas reflexiones pueden ser interesantes si tenemos en cuenta que cuando un estudiante sustancializa propiedades de la materia decimos que tiene concepciones alternativas o un *conocimiento cotidiano.* Sin embargo, a través de este modelo se pueden explicar fenómenos y predecir algunos cambios desde la ciencia actual. Por ejemplo, algunas propiedades de los antibióticos se asocian a un conjunto de átomos, a una "forma". Estas propiedades se pueden "transmitir" y así cambiar la composición o la forma de las moléculas sin cambiar la parte asociada a la propiedad. Ello posibilita obtener nuevos fármacos útiles para el tratamiento de cepas bacterianas resistentes a los antiguos.

Desde este punto de vista, podríamos considerar que el conocimiento cotidiano, generado a partir de preguntas "útiles" en nuestro mundo diario, es de alguna manera una forma de conocimiento científico. La diferencia principal es que a menudo es muy específico y, por tanto, interrelaciona pocos hechos, responde a pocas preguntas. Cada avance de la ciencia se corresponde con un nuevo problema o pregunta y, a menudo, con el establecimiento de relaciones entre modelos.

Este enfoque da mayor libertad para ajustar los modelos teóricos que se van generando en el aula –"ciencia escolar"– a los hechos que tienen sentido para los alumnos, a las técnicas y procedimientos que puedan usar y, sobre todo, al objetivo de que el alumno sea capaz de expresar sus ideas, de contrastarlas, de hacerlas evolucionar sin que ello le provoque sensaciones de fracaso. Los estudiantes, en su proceso de aprendizaje, van generando modelos teóricos *escolares* que no son iguales ni a los *cotidianos* ni a los *científicos,* pero que les posibilitan razonar sobre la interpretación de fenómenos que son relevantes para ellos.

Su autonomía como aprendices de ciencia la van adquiriendo en tanto en cuanto aprenden a pensar teóricamente y no porque sepan repetir los modelos científicos últimos. La función del profesorado, como veremos, es fundamentalmente promover que se hagan preguntas relevantes, desde la ciencia y socialmente, y que vayan construyendo modelos propios de la ciencia escolar.

Contraponer conocimiento cotidiano y científico o representarlos como dos formas de conocimiento similares no son planteamientos necesariamente opuestos y seguramente es necesario tener los dos en cuenta en el proceso de enseñanza. No hay duda de que las explicaciones generadas a lo largo de siglos por la cultura científica son distintas, desde muchos puntos de vista, de las dadas en el contexto cotidiano, y más complejas.

Pero desde los primeros planteamientos se tiende a hablar de la enseñanza como de *cambio conceptual,* ya que se considera que, de pensar "cotidianamente", se pasa a pensar "científicamente". En cambio, desde los segundos se habla más de procesos de *evolución conceptual,* en los que el conocimiento "natural" se va haciendo poco a poco más complejo, en el sentido de que responde a más preguntas e interrelaciona más ideas.

Aun así, tanto desde un punto de vista como desde el otro, pocos piensan que la finalidad de la escuela sea "borrar" de la mente del alumnado las formas de pensar cotidianas, que como hemos dicho son útiles en el día a día. Más bien se considera que es necesario promover una *integración jerárquica* (Pozo, 1998) de ambos tipos de conocimiento, es decir, que los alumnos aprendan a diferenciar e integrar diferentes tipos de explicaciones, y que sepan reconocer los contextos en los que son relevantes. Ello comporta tomar conciencia (metacognición) de estas diferencias y de las condiciones que dan lugar a las distintas formas de pensar y de hablar (cuadro 5.7).

Cuadro 5.7. *Integración jerárquica de modelos explicativos.*

¡He cogido mucho frío!

Hoy hace frío. Un alumno, Javier, entra en clase de ciencias de 3.º de ESO y, quitándose la bufanda, dice: "¡He cogido mucho frío!". Estos días están estudiando la diferencia entre calor y temperatura y la profesora decide utilizar esta expresión del alumno para reelaborarla.

Para ello, plantea a la clase el reto: ¿Cómo diríamos "he cogido mucho frío!" si habláramos en un congreso científico?

Propone primero la realización del experimento siguiente (mezclar líquidos a temperaturas distintas):

Posteriormente, anima a la génesis de explicaciones. Les recuerda que piensen en sus conocimientos sobre el funcionamiento de los sentidos, y sobre qué sucede cuando se ponen en contacto dos cuerpos a distinta temperatura (generalmente para explicar fenómenos cotidianos es necesario interrelacionar conocimientos provenientes de distintas ciencias). En el contexto de la ciencia escolar, la profesora había insistido en que "el frío no existe" (aunque conviene recordar que hay una "ciencia del frío", por lo que el concepto no es válido en relación con el modelo que se estaba construyendo, pero podría serlo en otro), y en la idea de calor como "una forma de transferir energía".

Después de consensuar la mejor explicación posible en el contexto de aquella clase, los estudiantes tuvieron que escribir cómo responder al reto individualmente. Posteriormente, pusieron las distintas frases en común –primero en pequeño grupo y después en gran grupo–. La frase pactada fue: "Estoy transfiriendo mucha energía desde mi cuerpo al exterior en forma de calor".

La última reflexión de la profesora fue plantearles si cuando se encontraran con sus amigos dirían esta frase o la que Javier había pronunciado al inicio. Todos coincidieron en decir que hablarían como Javier. Paralelamente, les preguntó qué responderían si les hacía una pregunta similar en un examen, en la clase de Ciencias. Todos coincidieron también en que deberían escribir de forma similar a la que habían aprendido hoy.

La conclusión fue que era importante aprender a diferenciar cuándo se debía hablar "científicamente" y cuándo no era necesario. Que las ideas "naturales" eran buenas ideas para el día a día, pero que las explicaciones científicas posibilitan comprender mejor los fenómenos, relacionarlos con otros y predecir resultados como, por ejemplo, qué sucederá al mezclar líquidos a temperaturas distintas.

5.3. Formas de explicar cómo se aprende

Ni desde la Psicología ni desde la Biología existe hoy día un modelo único explicativo sobre cómo se aprende. El aprendizaje en la especie humana es algo extraordi-

nariamente complejo, en el que intervienen y se interrelacionan un gran número de factores que, a su vez, son fuente de una gran riqueza en las posibilidades de aprender.

Se podría considerar que hay dos grandes líneas extremas de discusión fundamentadas una en el **empirismo** y la otra en el **innatismo**. Serían *empiristas* los que creen que se aprenden conocimientos porque las representaciones del mundo se incorporan por medio de los sentidos y a través de la observación. En cambio, los *innatistas* creen que la fuente del conocimiento está en cada individuo y éste se va desarrollando a medida que crece. Por ejemplo, el conocido lingüista Noam Chomsky defiende el carácter innato del lenguaje porque cree que el sistema cognitivo humano tiene restricciones formales que limitan la clase de estructuras del conocimiento lógicamente posibles que pueden ser utilizadas. Se puede decir que, para los empiristas, es el mundo el que impone su orden sobre la mente, mientras que para los innatistas la mente impone su orden sobre el mundo.

Sin embargo, la mayoría de teorías psicológicas actuales consideran que el aprendizaje se explica por la interacción entre los dos puntos de vista. Otro de los problemas para explicar cómo se aprende provienen también de las distintas concepciones sobre qué se entiende por aprender. Por ejemplo, esta actividad se puede asimilar a ser capaz de repetir lo que está escrito en los libros de texto o dice el profesorado o, por el contrario, de explicar algo que no se ha enseñado específicamente. Este diferencia es importante porque muchas veces las dificultades de comunicación entre profesores se deben a las distintas concepciones sobre lo que se entiende por aprender. Por ello puede ser interesante revisar brevemente algunas teorías psicológicas analizando cómo dan respuesta a la pregunta: *¿Cómo se sabe que se aprende?*

Así, desde el punto de vista **conductista**, se dice que se ha aprendido algo cuando se observa que una persona realiza adecuadamente las operaciones o conductas esperadas. Por ejemplo, se ha aprendido a pesar con una balanza si se saben dar todos los pasos necesarios, se utilizan las unidades adecuadamente y se sabe identificar cuándo se pide hacer esta operación.

Para los conductistas aprender es la consecuencia de la repetición de ciertas conductas que el individuo realiza porque está motivado (positiva o negativamente). Lo que sucede en la mente del individuo no es importante en esta teoría del aprendizaje. A pesar de las críticas que recibe este punto de vista en la investigación en Didáctica de las Ciencias, no hay duda de que se aprende muchas veces de esta forma. Claxton (1984) cita el ejemplo de aprender a caminar entre las rocas de la playa, a base de probar una determinada posición del pie y cambiarla en función del dolor que sentimos, mediante el método de *ensayo y error.*

En cambio, desde los puntos de vista **constructivistas** se considera que se aprende cuando, en la mente de cada persona, se *reconstruyen* los conocimientos culturales generados a lo largo de los siglos. Las distintas teorías constructivistas han elaborado explicaciones sobre cómo tiene lugar este proceso de construcción

y, consecuentemente, también tienen una visión distinta de lo que se considera aprender.

Así, para **Jean Piaget**, el desarrollo o aprendizaje se relaciona con la construcción de diferentes *operaciones* que se van integrando en la estructura cognitiva del individuo y dan lugar a los diferentes estadios evolutivos. Por tanto, se sabe que se ha aprendido (asimilado) si se es capaz de poner en práctica las operaciones (acciones interiorizadas) en diferentes situaciones o contextos. Por ejemplo, diremos que un alumno ha asimilado que la masa es una propiedad de la materia que se conserva, cuando delante de un trozo de plastilina o del agua contenida en un vaso, reconozca que su masa no varía aunque cambiemos su forma o la del recipiente que la contiene.

Se considera que a partir de los 12 años el alumno es capaz de empezar a construir las llamadas *operaciones formales,* que se distinguen de las *operaciones concretas* propias de edades anteriores. Operaciones formales son las relacionadas con operar con más de dos variables a la vez: operaciones combinatorias, proporciones, dobles sistemas de referencia, equilibrio mecánico, probabilidades multiplicativas, correlaciones, lógica proposicional, etc. (cuadro 5.8).

Cuadro 5.8. *Ejemplos de actividades que sólo pueden solucionar alumnos que han construido operaciones propias del pensamiento formal.*

- Adela es más rubia que Susana; Adela es más morena que Juana. De las tres, ¿cuál es la morena?
- Se muestran cuatro frascos que contienen 4 líquidos incoloros: 1) ácido sulfúrico diluido; 2) agua; 3) agua oxigenada, y 4) tiosulfato. Además, hay un quinto frasco que contiene yoduro de potasio (*y*). Ante el alumno se mezclan unas gotas de los frascos 1 y 3, sin etiqueta, se añaden unas gotas de *y*, y se observa que la mezcla es amarilla. En cambio, se mezclan gotas de *y* con las sustancias contenidas en otros frascos y no se observa ningún cambio de color. Se pide al alumno o alumna que produzca de nuevo el color amarillo.
- Se dan al alumno o alumna cuerdas de distintos tamaños y objetos de distintas masas y se le pide que responda a la pregunta: ¿De qué depende el tiempo de oscilación de un péndulo?

En los tres casos, los alumnos que no tienen un pensamiento formal no pueden resolver las tareas. Los alumnos que no utilizan las operaciones formales son incapaces de combinar sistemáticamente todas las variables posibles, ni de aislarlas y controlarlas para responder a una hipótesis.

Piaget explica el aprendizaje como un proceso de desequilibración/equilibración a partir del cual se van construyendo las diferentes operaciones que permiten la asi-

milación de los objetos a los esquemas mentales. Para Piaget se construye mentalmente y se expresa activamente, socialmente.

En cambio para **Lev S. Vygostki** el conocimiento se construye socialmente y se expresa mentalmente. Aprender consiste en apropiarse de los "objetos" que forman parte de la cultura (desde la cuchara al ordenador, desde la idea de coche hasta la teoría más moderna o los valores) a través de la interacción con los adultos y con los compañeros. P. Y. Galperin, uno de los continuadores del trabajo de Vygostki, considera que, a partir de una motivación y de representarse los objetivos, para aprender se necesita pasar unas etapas: primero manipular los objetos con las manos o con dibujos o representaciones (fase materializada), luego hablar de ellos con otros (fase verbal externa), posteriormente escribir (fase verbal externa para uno mismo) y, finalmente, se llega a poder interiorizar las ideas, es decir, abstraerlas, sintetizarlas y automatizarlas (fase verbal interna). Es en este momento cuando se puede considerar que algo se ha aprendido (cuadro 5.9).

Cuadro 5.9. *Etapas en la formación de los conceptos.*

Aprender el concepto de ser vivo

- Los alumnos observan cómo los mohos "invaden" un trozo de pan o de queso. El adulto-profesor crea la motivación: *"¿Esto que vemos es un ser vivo o no?"* y estimula que se planteen y representen la pregunta *¿Cómo podemos saber si un moho es un ser vivo?* (representación del objetivo).
- La profesora plantea nuevas experiencias. Los aprendices observan cómo los alimentos cambian su aspecto y sus propiedades cuando el moho se desarrolla, los reconocen con una lupa y/o con un microscopio, identifican en qué condiciones se desarrollan mejor, etc. (fase materializada).
- La profesora interacciona con los que aprenden para "dar sentido científico" a la experiencia, promueve que "vean" y hablen utilizando ideas como las relacionadas con la reproducción, nutrición, relación, teoría celular... También promueve que los alumnos hablen entre ellos, discutan sus distintas percepciones y formas de hablar sobre lo que han visto, las comparen con lo que dicen los libros y otros adultos sobre las ideas culturales construidas por la ciencia (fase verbal externa).
- Los que aprenden, escriben, hacen esquemas, dibujan... sobre aquello que están concibiendo. En el proceso de escribir ordenan sus ideas, las estructuran, les dan coherencia, las van abstrayendo, generalizando... (fase verbal externa para uno mismo).
- Estas ideas se aplican a interpretar otras observaciones: ¿El fuego es un ser vivo? ¿Y una mariposa? ¿Y un reloj? ¿Y un calamar? ¿Y las bacterias del yogur?... En este proceso se van automatizando las ideas y al final aprenden a responder sin necesidad de "pensar conscientemente", es decir, de explicitar por qué se sabe. Es como cuando se es experto en hacer divisiones, pero no se sabe cómo explicar el procedimiento seguido (fase verbal interna).

Fuente: Pilar García. IES Joan Oliver, Sabadell, 1996.

Desde la **Teoría de la Actividad** elaborada por A. N. Leontiev, otro de los discípulos de Vygostki, esta interiorización o aprendizaje se produce porque el individuo ha construido su *base de orientación consciente*, es decir, porque delante de una tarea (hacer algo o elaborar una explicación) sabe representar sus objetivos, anticipar y planificar un plan de actuación para resolverla, y tiene criterios para decidir si se está realizando bien o no.

Por ejemplo, se considera que una persona ha aprendido algo cuando ante un problema determinado como: *"Si tengo un foco y una pantalla, dónde debo poner al muñeco para que la sombra que produzca sea grande y nítida"*, sabe decidir qué tipo de problema es (*va de sombras, y tengo que conseguir una sombra grande y "clara"* (sin penumbra), sabe anticipar en qué aspectos debe fijarse, *cómo es el foco, pequeño o grande* (puntual o extenso), *distancias del muñeco al foco y a la pantalla*, planifica el trabajo, *cogeré un foco pequeño y primero pondré el muñeco cerca del foco, después...* y tiene criterios para decidir si los resultados obtenidos son adecuados o no. Este tipo de situaciones las podría resolver por "ensayo y error", pero sólo habrá aprendido cuando sea capaz de anticipar el plan de acción en función de un conocimiento interiorizado (cuadro 5.10).

Cuadro 5.10. *Aprender a jugar al voleibol y aprender a resolver problemas de Física. ¿Qué tienen en común estos dos aprendizajes?*

Generalmente, se considera que los métodos de aprendizaje útiles en el campo del deporte son fundamentalmente de tipo conductista, es decir, los orientados a la repetición de las acciones con apoyos de refuerzo positivo o negativo para afianzar técnicas o corregir los errores cometidos al actuar. Así, se dice que para aprender a ser un buen jugador se requiere, a parte de unas cualidades físicas "innatas", practicar mucho, pasarse horas entrenando.

Sin embargo, el conocimiento de la física del tiro conlleva que, con menos práctica, determinados jugadores lleguen a mejores resultados. Aunque siempre es necesario llegar a mecanizar los movimientos, a más conocimiento se necesita un menor número de repeticiones aburridas.

Algo parecido sucede en el aprendizaje de la resolución de los distintos tipos de problemas. Hacer muchos problemas, "machacar" en argot de profesores y estudiantes, puede mejorar los resultados, pero muchos alumnos se aburren y, muy especialmente, se desaniman cuando comprueban que comenten un gran número de errores. En cambio, si tienen un buen nivel de comprensión de los conceptos necesarios para resolverlos y si se anticipa bien el cómo y el porqué del proceso de resolución, se tienen que "ejercitar" muchísimo menos para llegar a ser expertos. Es mejor dedicar más tiempo a anticipar las formas de resolver el problema que a corregir los errores.

Es cierto que algunos alumnos aprenden por repetición, pero también lo es que muchos otros pierden interés por aprender precisamente porque las metodologías se basan en esta concepción del aprendizaje. Atender a la diversidad comporta reconocer que hay estrategias de enseñanza que no favorecen el aprendizaje de la mayoría de los alumnos.

Otra teoría de orientación constructivista interesante para profundizar en el aprendizaje de las ciencias es la teoría del **aprendizaje asimilativo de Ausubel,** que distingue entre aprendizaje memorístico y aprendizaje significativo. El primero es aquel que se demuestra cuándo una persona sabe repetir verbalmente algo sin que necesariamente establezca relaciones con los otros conocimientos que tiene almacenados en su memoria. En cambio, el aprendizaje es *significativo* cuando se es capaz de establecer relaciones con los conceptos y proposiciones relevantes que ya se conocen. Así, por ejemplo, un niño puede conocer y verbalizar (repetir) las características de una lombriz y de un insecto, pero no establecer ninguna relación que le permita diferenciar entre una lombriz y una oruga. Solamente en el segundo caso el aprendizaje sería significativo.

Para Ausubel, se aprende cuando se almacena la nueva información de forma significativa, es decir, cuando se relaciona con algún aspecto ya existente en la estructura cognitiva de un individuo, que al mismo tiempo tiene que ser relevante. A partir de esta teoría, Novak promovió el uso de los mapas conceptuales (véase el apartado 10.1.a) como instrumento para favorecer los aprendizajes significativos (figura 5.1)

Por último, desde las teorías psicológicas **cognitivistas** relacionadas con las de los llamados ***modelos mentales*** se considera, tal como escribió P. N. Johnson-Laird en 1983, que se ha aprendido cuando *se ha modificado el modelo mental inicial de forma que en el modelo evolucionado se explicitan y articulan de forma particularizada las convenciones implícitas en el modelo inicial.*

A menudo, para decidir que un modelo va evolucionando, se utiliza como criterio la diferenciación entre el trabajo de un novato y el de un experto. El experto es precisamente mucho más capaz que el novato de explicitar las convenciones implícitas que utiliza en sus razonamientos. Por ejemplo, para explicar la disolución del azúcar, de un modelo inicial en el que los alumnos hacen referencia sobre todo a los aspectos perceptivos ("ya no se ve", "sólo queda el gusto", "se ha fundido") se pasa a expresiones del tipo: "se ha repartido por toda el agua", "hay azúcar por todas partes", "las moléculas de azúcar son tan pequeñas que no se pueden ver", etc. Esta evolución en las explicaciones es lo que pone de manifiesto que han aprendido.

Johson-Laird no considera que nuestra mente esté regulada por la lógica, y cree que, como los humanos tenemos una capacidad limitada para hacer frente a las nuevas informaciones que nos llegan del exterior, adoptamos ciertas *estratagemas* de economía mental que llama *modelos mentales*. Estos modelos son los que regulan nuestro aprendizaje.

Esta variedad de puntos de vista permite tomar conciencia de la poca solidez de las opiniones intuitivas y simplistas sobre el aprendizaje. Aprender es un proceso extraordinariamente complejo, en el que se interrelacionan muchos factores, todos los cuales se han de tener en cuenta al enseñar Ciencias. La distintas corrientes psicológicas, combinadas con los estudios neurobiológicos, tienen mucha importancia,

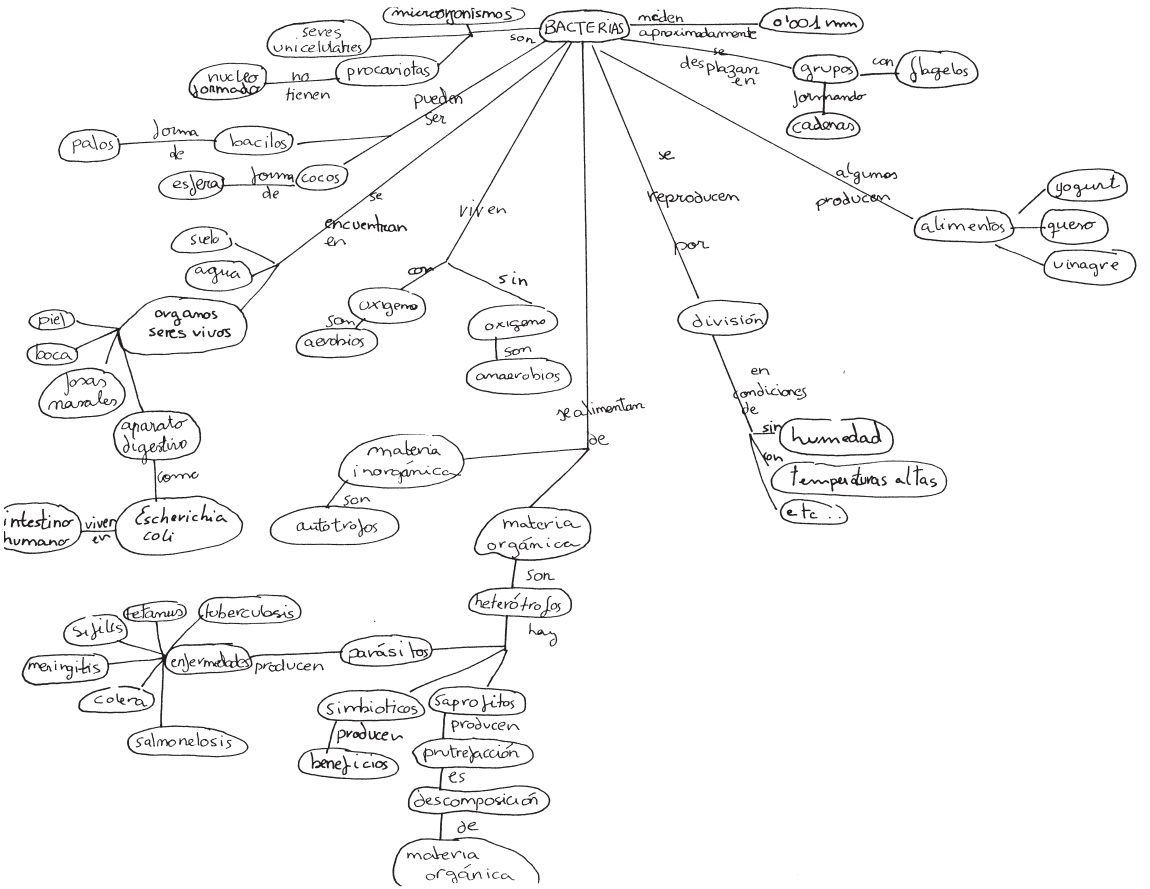


Figura 5.1. Ejemplo de mapa conceptual elaborado por una alumna.
Fuente: IESM Zafra, 1997.

actualmente, en la evolución de las metodologías de trabajo en el aula, y son, en buena parte, la causa de las diferencias entre ellas.

> La mejor teoría depende de lo que se quiera hacer [...]. Cada uno de los diferentes enfoques nos muestra aspectos de una misma realidad [...] Como no existe una teoría "óptima" para explicar un fenómeno, quizás necesitemos diferentes teorías, aparentemente diferentes entre ellas [...]. La Física tuvo que debatir si el electrón era "realmente" una onda o una partícula antes de darse cuenta de que no era ninguna de las dos cosas. Las dos son una metáfora, una representación que contiene parte, pero no toda, de la conducta de los electrones en diferentes condiciones (Claxton, Guy [1984]: *Vivir y aprender.* Alianza, Madrid).

La diversidad de aproximaciones puede enriquecer el trabajo del profesorado que de alguna manera las ha de tener todas en cuenta. Las teorías son creaciones de los seres humanos, no *la verdad.* Pero ayudan a comprender el mundo y, a los profesores, les permiten entender mejor por qué a los alumnos les cuesta tanto aprender Ciencias y cómo ayudarles mejor a superar los obstáculos de todo tipo que les impiden aprender.

6
Factores que influyen en el aprendizaje científico

Para enseñar Ciencias interesa profundizar en las características de las principales variables que influyen en su aprendizaje. Cuando se aprende algo es porque se ponen en juego muchos factores que se interrelacionan entre ellos. Es difícil aislarlos porque todos actúan al mismo tiempo y también es casi imposible jerarquizarlos. Pero conocerlos posibilita comprender muchas de las dificultades del alumnado y al mismo tiempo tenerlos en cuenta en el diseño de las unidades didácticas.

Muchos de estos factores son importantes para aprender cualquier área de conocimiento. Sin embargo, su relación con cada una de ellas es distinta. Por ejemplo, la experiencia no tiene la misma función en el aprendizaje de la Ciencias que en el de la lectura. Al comparar la Epistemología de la Ciencia con la construcción del conocimiento científico en el marco escolar se puede llegar a comprender mejor la razón de la importancia de distintos factores y de sus principales características.

Por todo ello en este capítulo analizaremos algunos de estos factores, como los reflejados en la figura 6.1:

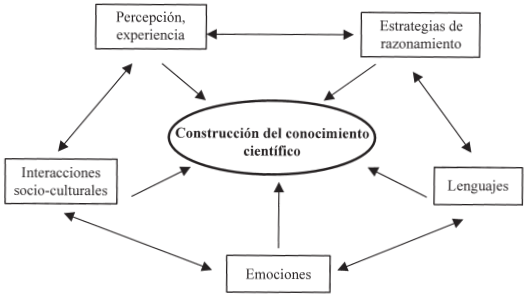


Figura 6.1. Factores relevantes que influyen en la construcción del conocimiento científico.

6.1. La experiencia y la observación: sin ellas no hay aprendizaje científico

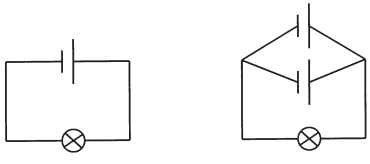
Cuando se pregunta a los futuros profesores qué tipo de actividades son necesarias para aprender Ciencias, siempre sobresale la actividad experimental y, en general, todo tipo de trabajo práctico. Lo habitual es que a este tipo de actividades se le dé una función de comprobación de la "teoría" introducida, ya que se considera que se aprende más cuando los sentidos captan los aspectos fundamentales del objeto o del fenómeno a estudiar. Otras veces se considera que las experiencias sirven para *redescubrir* el conocimiento.

Estos puntos de vista han recibido muchas críticas. Así, por ejemplo, a la afirmación recogida en muchos textos sobre: *escucho y olvido, veo y recuerdo, hago y comprendo*, Rosalind Driver respondió diciendo que lo único que comprende el alumno al *hacer* algo es lo que ya comprendía, es decir, que la experiencia realizada sin hablar sobre ella sólo sirve para confirmar las predicciones, generalmente alternativas. Cuando se observa un hecho, fundamentalmente se "ven" las características que ya se conocen y/o que permiten reafirmar la propia explicación o concepción previa. Por tanto, las personas, a través de la experimentación, acostumbran a validar las teorías preconcebidas o puntos de vista, más que a descubrir otros o a generar conflictos cognitivos (cuadro 6.1):

Cuadro 6.1. *Las concepciones alternativas condicionan las observaciones.*

¿Qué bombilla proporcionará más luz?

En una clase de electricidad de 1.º de ESO, una profesora planteó a sus alumnos la siguiente pregunta: ¿cuál de las dos bombillas creéis que proporcionará más luz?



Todos ellos respondieron que la intensidad de la luz de la bombilla B sería superior a la de la bombilla A.

A continuación, propuso que comprobaran experimentalmente su predicción, ya que creyó que así comprobarían que no era cierta. Por grupos construyeron los circuitos y observaron los resultados.

La conclusión de la mayoría de grupos (5 sobre 6), fue que en el circuito con dos pilas la bombilla iluminaba más. Al preguntar si aquello era realmente lo que habían observado, los alumnos y alumnas dijeron que no, pero cada grupo dio una razón distinta para justificar su respuesta:

(.../...)

unos dijeron que era debido a que sus pilas debían de estar gastadas, otros que sus bombillas no funcionaban bien, y otros que seguramente alguna de las conexiones no debía de estar bien hecha.

Este ejemplo muestra que las concepciones previas influyen mucho en la manera como se perciben los fenómenos. Influyen esquemas de razonamiento muy interiorizados del tipo *"si una variable aumenta también lo hace la otra con la que se relaciona"* (véase el apartado 6.3), y el *"contrato didáctico"* (véase el apartado 8.2) que se da en la clase de Ciencias, según el cual los experimentos no tienen por qué salir perfectamente bien.

Todo ello conlleva que no se ponga en duda una predicción a pesar de que la observación la contradiga y que raramente la experimentación sirva por ella sola para el cambio conceptual. Es necesario provocar, además, la discusión entre el grupo-clase, comparar percepciones y concepciones. Sin una interacción entre las personas, difícilmente se producen cambios.

¿Cuál es, entonces, el papel de la experimentación en el aprendizaje científico? A pesar de las consideraciones anteriores, nadie pone en duda la relevancia de la actividad manipulativa, de las experimentaciones y de las vivencias personales, en el proceso de apropiación de la cultura científica. Las teorías sólo tienen sentido cuando explican hechos, y estos hechos deben conocerse.

En el transcurso de la actividad manipulativa, los sentidos captan un conjunto de informaciones que el cerebro selecciona, reelabora y almacena (figura 6.2). Por ejemplo, no hay duda de que la experiencia cotidiana nos lleva a relacionar temperaturas

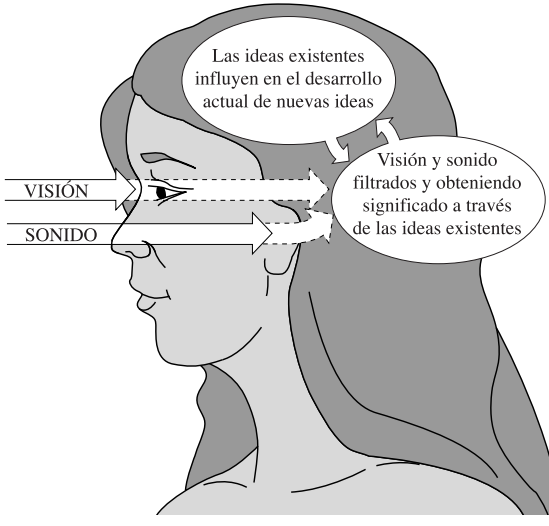


Figura 6.2. Las ideas existentes condicionan la percepción.
Fuente: Adaptado de Osborne, R. y Freyberg, P. (1991).

altas con la proximidad de una fuente de calor. O bien a saber que para mover un objeto se necesita ejercer una fuerza. O que para que una planta crezca se necesita agua y abono. La actividad podría haber proporcionado otras informaciones, pero el cerebro solamente ha seleccionado aquellas que ha considerado importantes. Por ejemplo, no se acostumbra a *ver* que no sólo es importante estar cerca de una fuente de calor para calentarse, sino que también depende de la dirección en que llegan las radiaciones, o que la fuerza que se ha de ejercer para que un objeto se mueva depende de la rugosidad de la superficie por la que se desliza, o que *algo* que forma parte del aire también puede ser una variable importante en el crecimiento de las plantas.

Al mismo tiempo, no se debe olvidar que la experiencia cotidiana es una de las más importantes fuentes de información a procesar que el sistema cognitivo humano tienen a su alcance y que las concepciones alternativas de origen sensorial son de las más resistentes al cambio. Muchas de las concepciones alternativas se explican en función del establecimiento de analogías, no siempre adecuadas, entre vivencias cotidianas y el nuevo fenómeno a interpretar (cuadro 5.3). Por ejemplo, el agua fluye a lo largo de un tubo y de la misma manera los electrones *fluyen* a lo largo de un cable eléctrico cuando *circula* corriente eléctrica.

Por todo ello, para aprender Ciencias se deben enseñar otras *maneras de mirar los objetos y los fenómenos* (Arcá *et al.,* 1990). Dicho de otra forma: una finalidad de las clases de Ciencias no es tanto *ver* algún hecho que no se conoce como mirar (véase el cuadro 6.2) con nuevos ojos lo aparentemente conocido y, en función de esta nueva manera de mirar, revisar la propia explicación. Por tanto, la enseñanza científica debe comportar una reorganización continua e interrelacionada de las experiencias y de las explicaciones que sobre ellas se dan.

Cuadro 6.2. *Ver, mirar, observar, experimentar y simular.*

- VER: en su sentido más amplio, quiere decir captar la información de lo que visita nuestra área de percepción, según la contingencia del lugar y del momento.
- MIRAR: significa seleccionar la información que resulta de dirigir la visión *cazada* por cierta curiosidad.
- OBSERVAR: consiste en acumular la información que resulta de mantener la mirada según sea nuestra perplejidad.
- EXPERIMENTAR: equivale a enriquecer la información como consecuencia de provocar observaciones próximas según sea nuestro ingenio para intervenir en el resto del mundo.
- SIMULAR: es obtener la información que se genera en experimentos inventados.

Fuente: Wagensberg, J. (1994): *Ideas sobre la complejidad del mundo.* Tusquets. Barcelona.

La importancia de la actividad manipulativa en el aprendizaje se subraya desde diferentes corrientes psicológicas. Ya hemos visto que el psicólogo P. Y. Galperin remarca

que en todo proceso de aprendizaje es fundamental la fase de la formación de la acción en su forma material o materializada. Es en el desarrollo de la actividad cuando el estudiante percibe partes en las que puede dividir el fenómeno, variables que pueden ser su causa, relaciones entre estas variables, etc. A partir de esta percepción puede verbalizar sus puntos de vista y comunicarlos a los demás. También Piaget relaciona el desarrollo del pensamiento con la experiencia, en cuanto que ésta es una fuente de los datos que se someten a los esquemas de la actividad intelectual.

De la misma forma, es importante reconocer que la experimentación es consustancial con la ciencia. La relación entre hechos y modelos teóricos es inseparable. Éstos tienen sentido si pueden explicar observaciones, y se generan en buena parte a través del proceso de encontrar dichas explicaciones. Por ello, a menudo, la función de la experimentación en el aprendizaje, más que comprobar teorías, consiste en promover discusiones que posibiliten generarlas. Por tanto, acostumbran a ser imprescindibles los trabajos prácticos situados al inicio del proceso de enseñanza orientados a reconocer y plantear el problema, como los que se puedan realizar para deducir leyes o aplicarlas (cuadro 6.3).

Cuadro 6.3. *Trabajos prácticos a lo largo de un proceso de enseñanza.*

Variación del volumen de los gases en función de la presión

Cada tipo de experimento tiene su función en el proceso de aprendizaje.

1. *Observación inicial: ¿Cambiará el volumen del globo? ¿Por qué?*
   En un recipiente transparente preparado para hacer el vacío (por ejemplo, de los que se utilizan en una cocina para guardar alimentos) se introduce un globo parcialmente hinchado. Se pide a los alumnos que hagan predicciones sobre lo que creen que pasará cuando se produzca el vacío, y después se comparan con los resultados. Posteriormente, los alumnos escriben sus explicaciones, que se exponen y comparan, sin valorarlas. El problema objeto de estudio queda planteado.
   Frecuentemente, muchos alumnos no piensan en el aire contenido dentro y fuera del globo y, aunque pueden utilizar el concepto de presión, lo hacen desde una visión cotidiana del término.
   Una de las funciones del enseñante será que los alumnos *miren* el fenómeno desde nuevos puntos de vista, que revisen su idea de *presión* y que relacionen sus observaciones con el comportamiento de las partículas en un gas.

2. *Deducción experimental de la ley de Boyle: ¿Hay alguna regularidad entre la variación del volumen de un gas y el de la presión a una temperatura determinada?*
   Se puede diseñar una experiencia para deducir esta regularidad. Normalmente, el guión tendrá que guiar la observación y el tratamiento de los datos.

3. *Diseño de experimentos: ¡Inventemos aplicaciones de lo aprendido!*
   Se estimula a los alumnos para que, por parejas o en pequeño grupo, inventen experimentos en los que puedan aplicar los nuevos conocimientos.

6.2. El sistema cognitivo humano y el aprendizaje de las Ciencias

La percepción es un factor importante en la construcción de las ideas. Pero dicha percepción está regulada en parte por el funcionamiento del cerebro humano. Sorprende, por ejemplo, que personas de culturas y ambientes muy diferentes elaboran explicaciones alternativas muy similares. Este hecho, y otros, nos muestran que el funcionamiento del sistema cognitivo de nuestra especie debe favorecer el desarrollo de un tipo de explicaciones y no otras.

Los neurólogos aceptan que existe una base genética que actúa de sustrato biológico y que constituye una estructura que necesita una acción cultural para desplegarse adecuadamente (Nogués, 1987). Así, por ejemplo, parece que la capacidad de producir un gran número de sonidos y vocalizaciones es innata, pero que después, según la lengua materna, se seleccionan sólo algunos determinados. Los adultos que han aprendido a utilizar unos sonidos tienen dificultades para pronunciar los de otras lenguas.

Del mismo modo, se postula que, como producto de la evolución humana, debe haber algún tipo de *restricciones cognitivas* que dan lugar a que se puedan interiorizar ciertos aspectos que provienen del medio, y no otros. Así, por ejemplo, algunas de las restricciones podrían estar en la base de la forma *natural* de razonar causalmente o de concebir el espacio y el tiempo. Estas restricciones y formas de razonamiento serían innatas, y a partir de ellas se evolucionaría (se "aprendería") por influencia de la cultura.

Guidoni (1990) plantea la hipótesis de que *campos culturales y argumentos se encuentran siempre estructurados siguiendo una red de dinámicas cognitivas que constituyen su soporte esencial*. Estas dinámicas o estrategias cognitivas son las que condicionan las *maneras de mirar,* las *maneras de relacionar,* las *maneras de organizar* las entradas que provienen del mundo de la cultura y del mundo de las sensaciones y de la experiencia. Es decir, para poner orden en este *caos* de informaciones y de vivencias, el ser humano pone en funcionamiento unas reglas de juego cognitivas que, a su vez, conducen al desarrollo de estructuras culturales.

Según él, estas estrategias son comunes en niños y adultos, aunque en los más pequeños están parcialmente activas y se pueden desarrollar a través del aprendizaje. Las estrategias que explicita son:

- Estrategias de **categorización**, que son las que permiten situar objetos, experiencias, palabras... Las personas utilizan categorías para poner orden en el entorno inmediato y en las percepciones subjetivas de este entorno. Lo son las relacionadas con:

  – Identificar clases.
  – Situar en el espacio y el tiempo.

– Identificar sistemas, variables, propiedades...
– Relacionar variables o partes de un sistema.
– Identificar permanencia o cambio.

Por ejemplo, cuando se observa algo, se tiende a darle nombre o situarlo en una determinada clase –es un mamífero, es un metal...–, y a reconocer variables o propiedades –tiene el pelo de tal tipo, es brillante...–, etc.

- Estrategias de **formalización**, es decir, aquellas que conllevan definir las formas o estructuras en el interior de las cuales debe operarse con reglas implícitas o explícitas. Lo son, por ejemplo, las relacionadas con:

  – El uso del lenguaje natural, con la potencia de sus formas implícitas (gramática, sintaxis y semántica).
  – El nombre.
  – Las geometrías como manera de mirar el espacio (euclidización, topologización, proyección, etc.).
  – Los conjuntos y las clases.
  – Los espacios cartesianos y las representaciones entre variables.

  Por ejemplo, se utilizan flechas para representar las relaciones entre los organismos en una cadena trófica y vectores para representar la fuerza; se representa el ADN según una espiral helicoidal, se cuantifican variables, etc.
- Estrategias de **elaboración**, que permiten organizar los conceptos y modelos teóricos estableciendo relaciones entre ellos. Lo son, por ejemplo, las relacionadas con:

  – La discretización de un continuo y la necesaria dialéctica entre las dos formas de mirar (por continuo o por discreto).
  – La descomposición, superposición, complementariedad, jerarquización, incompatibilidad, proyección, etc.

  Por ejemplo, se pueden jerarquizar los conceptos de animal, mamífero, perro..., se establecen relaciones entre una estructura de partículas imaginaria y algunas características observadas en un material (véase el cuadro 6.4), etc.
- Estrategias de **interpretación**, a través de las cuales se asigna un significado a las relaciones y correlaciones entre formas. Lo son las relacionadas con el establecimiento de conexiones de causalidad, contigüidad espacial o temporal, finalidad, concomitancia, etc.

  Por ejemplo, se tiende a seleccionar causas, bien en las observaciones realizadas –las plantas crecen porque absorben agua...–, bien imaginadas –el coche

se mueve porque se ejerce alguna fuerza–. Otras veces, se buscan causas *teleológicas* –los animales se reproducen para perpetuar la especie–, por cercanía entre las variables –la lámpara más cercana a la pila dará más luz que las más alejadas–, etc.

- Estrategias generales de **ajuste-adaptación,** que son tan automáticas que a menudo no se tienen en cuenta, pero son fundamentales en el comportamiento cognitivo humano y están relacionadas con la capacidad de percibir discrepancias, identificar prototipos, pensar por analogías, actuar por ensayo-éxito-error o a través del proceso hipótesis específica-intervención selectiva-verificación-falsación; etc.

  Por ejemplo, el razonamiento analógico desempeña un papel muy importante en la creación de nuevas hipótesis científicas (como en los diferentes modelos del átomo dibujados a través de la historia –el modelo "bola", el modelo "plumb-cake", el modelo "sistema solar", etc.). Una analogía conduce a otra en un proceso a la vez creativo y divergente que posibilita hacer *lo no familiar, familiar*.
- Estrategias generales de **organización del ajuste**. A través de este tipo de estrategias –deducción, inferencia, conclusión, consistencia– se tiende a construir estructuras cada vez más amplias en las que la exigencia de coherencia intercontextual es dominante.

Cuadro 6.4. *Ejemplo de estrategia cognitiva.*

Formas de mirar los fenómenos: entre lo discreto y lo continuo

Una estrategia cognitiva importante para la elaboración del conocimiento consiste en mirar los hechos a través de "partes" discretas y de establecer relaciones entre estas partes y el continuo. Por ejemplo:

- Al explicar una historia se verbaliza un conjunto de hechos, encadenados en el tiempo. El paso de la historia oral a su representación por medio de un cómic implica *discretizar*, romper la historia en unidades o partes muy significativas. Al leerlo, la historia se reelabora de nuevo como un *continuo*. Lo mismo sucede con las observaciones de fenómenos.
- El agua se calienta y la temperatura aumenta. Para mirar este fenómeno se discretiza el tiempo, se rompe en unidades: segundos, minutos, horas... Su reelaboración a través de gráficas nos permite reelaborar *continuamente* el fenómeno.
- El arco iris se observa como un continuo, pero cuando se habla de él se separan 7 colores. Y en nuestra cultura existe un solo color blanco, pero la lengua de los esquimales tiene diversas palabras para designar diferentes matices de blanco.
- Muchos fenómenos se discretizan para describirlos: escalas para medir la dureza de una material, para medir la intensidad del viento o de un terremoto...
- El agua se ve como un líquido continuo, pero desde muy antiguo se la ha imaginado formada por partículas. Una piel humana también se ve como un continuo, pero no representa ningún problema cognitivo explicar su funcionamiento a partir de sus partes o células.

(.../...)

Pero no todas las personas son igualmente capaces de aplicar este tipo de estrategia de pensamiento. Por ejemplo, hay niños a los que les cuesta mucho discretizar un cuento. Pueden identificar algunas escenas, pero no romper la historia de forma significativa a lo largo del tiempo, secuenciando las partes.

De la misma forma, hay adultos que no han aprendido a escoger unidades de tiempo para discretizar un fenómeno o a imaginar partículas cuando observan un material ni, mucho menos, a establecer relaciones entre el continuo observado y el discreto construido.

Para aprender a describir y a explicar los fenómenos científicamente la escuela debe favorecer el desarrollo de esta capacidad.

La aplicación de las diferentes estrategias de razonamiento no excluye la elaboración de concepciones alternativas, sino al contrario. Las estrategias cognitivas conducentes a seleccionar la información, el uso de analogías o la tendencia a aplicar de forma natural un pensamiento causal lineal dan lugar a la construcción de nuevas concepciones que se pueden considerar como etapas "lógicas" (en el sentido cotidiano del término) del proceso largo y complejo que conlleva la construcción del conocimiento científico. Desde este punto de vista, el error, o mejor, la visión alternativa, es un paso positivo en el aprendizaje.

Razonamiento causal lineal. Cuando los niños explican los cambios, su razonamiento tiende a seguir una secuencia causal lineal. Postulan una causa que produce una cadena de efectos, como si de una secuencia dependiente del tiempo se tratase. Esta tendencia a pensar explicaciones en relación con las direcciones preferidas de las cadenas de hechos indica que los alumnos pueden encontrar problemas a la hora de tener en cuenta la simetría de las interacciones entre sistemas.

Por ejemplo, al considerar un recipiente que se calienta, creen que el proceso se desarrolla en una dirección, partiendo de una fuente suministradora de calor hasta un receptor; sin embargo, desde un punto de vista científico, la situación es simétrica, con dos sistemas en interacción, uno de los cuales gana energía mientras el otro la pierde. En mecánica, los alumnos tienden a pensar que una fuerza o acción produce un efecto, como es un movimiento; no les resulta fácil apreciar la naturaleza recíproca de las fuerzas que actúan (por ejemplo, La tercera ley de Newton) desde esta perspectiva, dado que exige que los alumnos abandonen el modo de pensamiento secuencial con su dirección "preferida".

Otra consecuencia de la tendencia apuntada de pensamiento secuencial y de adopción de una dirección preferente consiste en que el proceso, considerado reversible por el científico, no es estimado necesariamente así por los alumnos. Por ejemplo, se dan cuenta del efecto del incremento de la presión en una masa de gas encerrada, pero les resulta difícil anticipar el efecto de la reducción de la presión. De igual modo, los alumnos pueden entender que la aportación de energía puede transformar en líquido un sólido; sin embargo, les cuesta más com-

> prender lo que sucede cuando un líquido se transforma en sólido. (*Fuente:* Driver, R. *et. al.* [1989]: *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia.* Madrid, MEC/Morata, pp. 294-295).

Uno de los aspectos más controvertidos en la construcción del conocimiento es el del papel de la *lógica,* es decir, de la habilidad en el uso de este sistema inferencial. Para Piaget, por ejemplo, es lo mismo lógica que razonamiento, y considera que en el estadio de las operaciones formales el tipo de contenido no influye en el aprendizaje.

Sin embargo, otras investigaciones han puesto de relieve la importancia del contenido en el razonamiento lógico, así como el papel de los modelos mentales, que son antecedentes que condicionan el razonamiento. Estos planteamientos ponen en duda que solamente a través de una metodología de tipo hipotético-deductivo los estudiantes puedan aprender conceptos teóricos, ya que en ella se presupone que los estudiantes aplican razonamientos de tipo lógico. Una persona raramente aplica un proceso lógico puro a la interpretación de los datos recogidos en una experimentación, ya que su análisis está fuertemente condicionado por sus concepciones previas.

Otra de las líneas de investigación en relación con el funcionamiento del sistema cognitivo humano es la que busca identificar *estilos cognitivos* diferenciados entre las personas. Esta diversidad de estilos es lo que podría explicar, junto con argumentaciones de carácter socio-cultural, el hecho de que todos los individuos tengan unas capacidades para hacer y pensar unas determinadas cosas, pero que no todos hagan y piensen lo mismo.

Por ejemplo, se diferencia entre los estilos *lógico-analítico* y *analógico-intuitivo* de procesamiento de la información. Esta diversidad parece que tiene bases biológicas y que existe relación del hemisferio izquierdo del cerebro con el procesamiento de tipo lingüístico, analítico, lógico y *objetivo,* y del hemisferio derecho con el procesamiento de tipo vídeo-espacial, intuitivo, analógico y *subjetivo.* Parece ser que no todos los individuos tienen igualmente desarrolladas las dos partes del cerebro, y aún se sabe poco sobre la relación entre los dos sistemas de procesamiento.

Estas diferencias podrían repercutir en los aprendizajes. Así, se habla de un estilo de pensamiento más global que propiciaría la realización de tareas heurísticas, frente a un pensamiento más analítico, que propiciaría un mejor rendimiento en algunas tareas científicas. Y de un estilo de razonamiento del tipo *impulsivo,* que tendería a pensar sobre la realidad, frente a un estilo de razonamiento *reflexivo,* que llevaría a pensar sobre todo en lo posible (Pozo, 1992).

Según esta perspectiva, si las actividades que se desarrollan en el aula son, por ejemplo, fundamentalmente de tipo analítico, se favorece a un tipo de estudiantes más que a otros, igual que si son más manipulativas que verbales, etc. Un mayor conocimiento de este tipo de diversidad comportaría poder diseñar actividades didác-

ticas que favorecieran a todo tipo de estudiantes, e incluso el desarrollo de las menos potenciadas. Tal como indica Nogués (1987):

> La educación en nuestras áreas culturales tiende a privilegiar una actitud –que a menudo se pretende científica, pero que más bien sería cientificista–, que consiste en pretender que la única iniciación cultural que merece la pena controlar es la que viene garantizada por el razonamiento lógico-analítico. En cambio, de acuerdo con lo que sugieren los datos de la neurología, en el aprendizaje actúan siempre los dos hemisferios.

Todas estas líneas de trabajo, y otras, muestran que el funcionamiento del sistema cognitivo y su desarrollo también es fundamental en el aprendizaje. A través de él percibimos los objetos y los fenómenos, tanto aquellos de los que tenemos experiencia directa como aquellos otros de los cuales nos hablan. Los memorizamos, categorizamos, formalizamos o estructuramos relaciones entre ellos, desintetizamos o superponemos estas estructuras, establecemos relaciones causales, reconocemos si hay coherencia entre la idea y la experiencia, etc.

El funcionamiento de este complejo sistema cognitivo humano condiciona la elaboración de diferentes modelos teóricos que dan significado a la realidad, y sin duda alguna debe tenerse en cuenta en el diseño y puesta en práctica de las estrategias didácticas.

6.3. Las interacciones socio-culturales en el aprendizaje de las Ciencias

Como hemos visto, cada persona tiende a *mirar* los fenómenos desde un determinado punto de vista y a destacar unos aspectos frente a otros. Un individuo solo, por mucho que experimente, acostumbra a *ver* las cosas siempre del mismo modo. Tal como hemos indicado, para avanzar en el conocimiento parece que es necesario reconocer que hay diferentes maneras de *mirar* y contrastar los diferentes puntos de vista y los diferentes razonamientos.

Es por esto por lo que Vigostky dio un papel muy importante a la escuela como agente transmisor de la cultura y, por tanto, como instrumento que favorece el desarrollo, ya que en esta evolución del pensamiento es decisiva la interacción adultos-jóvenes.

La corriente psicológica vigostkiana es una de las que pone más de relieve la importancia de los aspectos socio-culturales en el aprendizaje. La dirección del desarrollo la sitúa desde el campo social al individual, desde las relaciones entre individuos (interpsicológicas) a la interiorización personal (intrapsicológica). Para que estas interacciones sociales sean efectivas para el aprendizaje se plantea la hipótesis

de que existe un *zona de desarrollo próximo* (ZDP) definida por el conjunto de actividades que una persona es capaz de hacer con la ayuda de las otras. Es decir, se podría distinguir entre las actividades que una persona puede hacer sola (las que ya ha aprendido), las que puede hacer interaccionando con las otras, y las que no puede hacer ni con la ayuda de otros. Por tanto, las interacciones entre el enseñante y el aprendiz, para que sean efectivas, deberían situarse siempre en esta ZDP (cuadro 6.5).

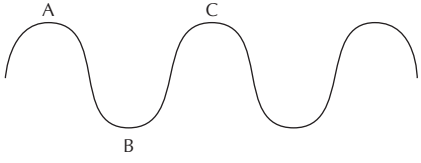
Cuadro 6.5. *Fragmento de una memoria de prácticas de una alumna de CAP, 1997.*

¿Cómo introducir el modelo científico de onda?

Cuando preparábamos el tema con mi compañero X. coincidimos en que no podíamos introducir los conceptos de longitud de onda, período y frecuencia de una forma abstracta, ya que desde un principio los alumnos desconectarían y ya no habría forma de engancharlos. Lo debíamos presentar de una forma próxima a ellos.

Después de mucho pensar y discutir, se nos ocurrió introducir el concepto de longitud de onda a partir del rizo de un cabello y los de período y frecuencia aprovechando las olas del mar. [...] Las analogías funcionaron [...].

Pero esta clase sirvió para confirmarme un hecho que sospechaba: cosas que para mí eran del todo evidentes, para los alumnos no lo eran. Esto lo comprobé cuando hablé del concepto de oscilación. Puse bastante énfasis sobre la idea de que es "la unidad que se repite". Todo parecía ir bien hasta que pregunté si todo el mundo veía que lo que se repetía era de A a C y no de A a B:



Una alumna me dijo que no. Como ya lo había previsto, hice el dibujo en "cámara lenta" de una oscilación, dibujando de A a C, y repetí la operación. La verdad es que me sorprendió que la alumna aún no lo viera. Después de unos segundos de desesperación me planteé cómo podía hacer ver la idea. De repente me sorprendí a mí misma dando una tercera explicación: asocié la onda a unas montañas cercanas al mar y un coche que seguía estas montañas. Definí la unidad que se repetía como aquel recorrido que hacía el coche entre dos puntos en los que se encuentra en las mismas condiciones: a la misma altura sobre el mar y con el motor hacia arriba (o hacia abajo).

Tampoco así la alumna dijo comprenderlo. Pero, en este momento, la compañera que estaba sentada a su lado le dijo algo y ella dijo *"!Ah, ya entiendo!"*, por lo que en cuestión de segundos entendió lo que yo había querido hacerle ver con tres explicaciones diferentes (ahora me hubiera gustado saber qué le había dicho, pero en aquel momento no se me ocurrió preguntarlo).

Así, pude comprobar una cosa de la que habíamos hablado en las clases de Didáctica: a veces es mejor una explicación de un alumno que tres de un profesor, ya que ellos "hablan de la misma forma".

Aun así, es difícil precisar cuál es la ZDP de cada alumno. Los profesores expertos han aprendido a intuirlo, pero no existen indicadores que la muestren, ni instrumentos para detectarla. Habitualmente, también los alumnos saben encontrar los puntos de apoyo para favorecer la comprensión de ideas o de procedimientos de compañeros, a veces incluso mejor que el propio profesorado.

Por otro lado, es difícil asegurar que una interacción siempre conduzca a un progreso en el aprendizaje, ya que la evolución del conocimiento no es tan lineal. Más bien se producen adelantos y estancamientos, y el progreso sólo se constata a largo plazo si se planifica la enseñanza en espiral, es decir, retomando las ideas varias veces a lo largo de la escolaridad profundizando cada vez más en ellas.

Para algunos autores, las interacciones más efectivas son aquellas en las que se produce un conflicto cognitivo. Es decir, no sólo es importante la interacción, sino que se necesita el conflicto, ya que es a través de él como el alumnado puede necesitar revisar y reorganizar tanto su forma de hacer como de pensar. Por ello se puede afirmar que, si en una clase no existe una diversidad de puntos de vista, deberían provocarse, porque si no se da esta condición hay conflicto y no se puede aprender (véase cuadro 6.6).

Cuadro 6.6. *El conflicto no explica por sí solo la evolución de las ideas.*

Los Reyes Magos son los padres

En nuestra sociedad, se acostumbra a decir a los niños pequeños que los Reyes Magos son los que traen los regalos de Navidad.

Inicialmente, los niños no acostumbran a dudar de esta afirmación. Pero poco a poco reconocen indicios que crean pequeños conflictos: los Reyes están al mismo tiempo en lugares muy distintos, se enteran de su mal comportamiento, pero nadie se lo dice, ni lo ven, etc. Sin embargo, elaboran explicaciones para estos pequeños conflictos, de acuerdo con lo que expresan los padres, los medios de comunicación y los amigos y amigas: los Reyes son mágicos, tienen ayudantes e informadores por todas partes... El niño se siente bien creyendo lo que la mayoría le dice y si oye alguna voz discordante ni la percibe.

Pero el número de discrepancias es cada vez mayor. Y, al mismo tiempo, algunos compañeros empiezan a ridiculizar su creencia. Al interaccionar con ellos percibe otra forma de explicar los hechos y al final ya no duda: ¡Los Reyes Magos son los padres!

Ha faltado mucho tiempo, nuevas percepciones, muchos pequeños conflictos y, muy especialmente, un cambio en las interacciones con los amigos y los adultos para llegar a revisar la concepción. Algo análogo sucede con el aprendizaje de los modelos teóricos propios de la ciencia actual. No se llega a ellos a través de un solo conflicto o explicación. Hace falta tiempo, muchas evidencias y muchos intercambios con otras personas.

Fuente: Analogía propuesta por el profesor Marc Isbert, 1995.

Aun así, un conflicto por él mismo no conduce necesariamente a un cambio en las ideas. A menudo, es la suma de muchos pequeños conflictos y, sobre todo, de la suma de muchas informaciones e interacciones con los compañeros y el profesorado, a lo largo del tiempo, lo que conduce a una reestructuración de las concepciones.

Esta manera de ver el trabajo en el aula contrasta fuertemente otras tradicionales, basadas en el hecho de transmitir un solo modelo, que se pide a los estudiantes que repitan y apliquen. Por el contrario, un "grupo-clase" funciona como estructura social idónea para el aprendizaje, ya que lo forman alumnos y alumnas que tienen diferentes experiencias y formas de ver los fenómenos, y una persona adulta que aporta su punto de vista y, además, "maneja" el grupo.

En cada clase se establecen unas "reglas de juego" a menudo implícitas, es decir, un *contracto didáctico* que regula las interacciones y, en general, todo tipo de trabajo en el aula. Per ejemplo, es muy diferente la vida de una clase en la que se promueve que los alumnos expresen libremente sus ideas, en la que el error está visto como algo interesante a partir de lo cual se puede avanzar, y donde se intenta que todos entiendan el punto de vista del compañero, de la de otra en la que las respuestas sólo se clasifican en buenas o malas, en la que el error se penaliza y se valora solamente lo que dice el profesor . El profesorado, en el ejercicio de su función organizadora, puede ayudar a cambiar estas normas, muchas de las cuales son cosecuencia del contexto social del alumnado. Pero requiere una acción explícita.

6.4. Lenguaje y aprendizaje de las Ciencias

No hay duda de que en el aprendizaje científico la comunicación desempeña un papel muy importante. Por ello, el lenguaje se considera el instrumento mediador del aprendizaje más decisivo, tanto por lo que se refiere a la construcción de las concepciones alternativas como a su revisión y reconstrucción.

A través de las palabras se expresan las ideas, por lo que no es de extrañar que el lenguaje cotidiano reproduzca modelos explicativos *naturales*. Por ejemplo, normalmente se dice que *"Juan* tiene *mucha fuerza", "este hierro* tiene *óxido" "el azúcar* tiene *sabor dulce", "el agua la podemos encontrar en* forma *sólida, líquida o gaseosa"* o *"el grafito y el diamante son dos* formas *de carbono".* Utilizando las palabras "tiene" o "forma" se reproduce, en cierta manera, el modelo explicativo aristotélico de la materia, según el cual las propiedades de los materiales u objetos se deben a haber incorporado algún *principio* o por cambios de *forma*, por lo que no es de extrañar que sea el que se aprende en el contexto cotidiano.

Pero, al mismo tiempo, el lenguaje es el instrumento que utilizamos para comparar y contrastar las diferentes maneras de explicar los diferentes modelos. Principal-

mente a través del lenguaje verbal se expresan los argumentos y se conocen los de los demás. La discusión es una de las formas que utilizamos para comprobar la consistencia de los propios razonamientos, y a través de ella se posibilita su evolución. No en vano Vigotsky afirmaba que *el pensamiento no se expresa tan sólo en palabras sino que existe a través de ellas*.

Aun así, no se puede considerar que el lenguaje y el pensamiento se correspondan unívocamente. El mismo Vigotsky afirmaba que el pensamiento es una forma especial del lenguaje, de tipo global. Una idea, a diferencia del lenguaje, no consiste en unidades separadas, secuenciadas en el tiempo: *un pensamiento puede compararse con una nube que deja caer una lluvia de palabras*. Los dos *lenguajes*, el del pensamiento y el del habla, no son iguales: *al pensamiento no lo acompaña simultáneamente la palabra. Los dos procesos no son idénticos y no existe una correspondencia rígida entre las unidades del pensamiento y las del habla.* Es la necesidad de comunicarse la que conlleva el uso del lenguaje, el cual provoca la evolución del pensamiento.

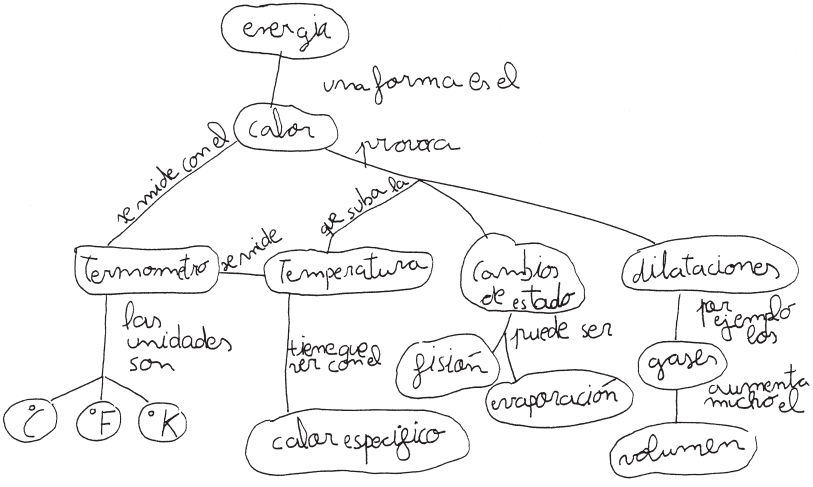
Por ello es difícil acceder a los modelos mentales de las personas a través de lo que expresan por escrito u oralmente. Por ejemplo, no se debe confundir un mapa conceptual con la estructura de pensamiento del alumno que lo ha dibujado, aunque pone de manifiesto relaciones alternativas entre conceptos cuya identificación puede ser útil al profesorado en la toma de decisiones sobre cómo enseñar. Y, además, al confeccionarlo el alumnado va estructurando su pensamiento.

El significado con que los estudiantes utilizan las palabras evoluciona gradualmente, a través de todo tipo de interacciones sociales hacia significados más compartidos por la comunidad científica.

Dicha evolución es un cambio no solamente en los contenidos de las palabras, sino también en el conjunto de relaciones establecidas entre ellas (véase el cuadro 6.7).

Cuadro 6.7. *Los mapas conceptuales, un instrumento para poner de manifiesto relaciones alternativas entre conceptos.*

Un alumno de 2.° de ESO confeccionó este mapa conceptual. A través de los relacionantes que ha redactado el alumno, la profesora detectó fácilmente conexiones no adecuadas y, al mismo tiempo, se facilitó la reflexión conjunta sobre el qué y el porqué podía ser objeto de mejora.



El lenguaje científico es altamente específico, diferente del que se utiliza en situaciones cotidianas, que se caracteriza por los muchos significados que se otorgan a una misma palabra. El cuadro 6.8 reproduce frases escritas por los alumnos con la palabra *fuerza*. Se puede constatar cómo de esas frases seleccionadas entre más de 250 escritas por alumnos, sólo las dos últimas tienen significado físico.

Cuadro 6.8. *Frases con la palabra "fuerza".*

- Como la sopa a la fuerza.
- *Força* (fuerza) Milán.
- No tengo fuerza de voluntad para estudiar.
- La fuerza de los dientes.
- Esta obra de teatro tiene mucha fuerza.
- La fuerza de la mente.
- Tengo mucha fuerza.
- Los cereales dan fuerza.
- Este coche tiene un motor con mucha fuerza.
- Esta planta crece con mucha fuerza.
- Hago fuerza para romper este ladrillo.
- Ejerzo fuerzas en todas direcciones.

Fuente: Arcà *et al.,* 1990.

Aprender Ciencias se relaciona con el aprendizaje del lenguaje de la ciencia. Un alumno, por ejemplo, puede diferenciar bien el fenómeno de la fusión del hielo del de la disolución de azúcar en agua, pero al describirlos puede utilizar las mismas palabras: "desaparece", "se deshace", "se disuelve", "se funde"... El aprendizaje de los conceptos científicos de *fusión* y de *disolución* pasa por aprender a dar un sentido específico a estas dos palabras, relacionándolas con los fenómenos respectivos.

En general, es útil promover que los alumnos vayan tomando conciencia de la relación entre su pensamiento y el lenguaje utilizado para expresarlo. Por ejemplo, si hablan de la digestión de los alimentos como de "trituración" o de "separación de nutrientes", puede ser interesante discutir por qué utilizar expresiones relacionadas con "cambio químico" describen mejor los cambios que tienen lugar. O de las diferencias conceptuales que implican decir que los cactus *se han adaptado* o *están adaptados* al medio.

El significado preciso de los términos se aprende más a través de la reflexión conjunta sobre su sentido que consultando el diccionario. Cuando un alumno entiende la definición dada por un experto es que ya se ha apropiado del concepto. Ello no quiere decir que no sea útil dicha consulta, pero lo es más al final del proceso de aprendizaje, cuando ya se tiene una primera representación de la idea que se quiere expresar.

Como veremos (apartado 9.4.b), el lenguaje científico no se caracteriza sólo por los términos utilizados, sino también por las estructuras retóricas (silogismos, analogías, metáforas...) y de género (descripción, justificación, argumentación, elaboración de informes...), que son diferentes de las del lenguaje cotidiano.

La construcción del conocimiento científico está fuertemente interrelacionada con el aprendizaje del lenguaje utilizado para comunicarlo. Pero para el que aprende es un lenguaje *extraño*, diferente del utilizado para comunicarse con los amigos e incluso con la familia. El lenguaje coloquial puede ser muy rico, pero es distinto del de la ciencia, por lo que los alumnos que viven en ambientes con bajo nivel de cultura científica, pueden tener más dificultades que otros para conectar con sus ideas. Pero no se debe confundir desconocimiento del lenguaje científico con pobreza de vocabulario y de capacidad de comunicación.

6.5. Las emociones y el aprendizaje de las Ciencias

En el aprendizaje también tiene mucha importancia el mundo de las emociones y, en general, de la afectividad. En la realización de actividades no sólo se tienen en cuenta las ideas y los procedimientos, sino también los sentimientos, la imagen que cada persona tiene de sí misma, cómo piensa que la ven los otros, el grado de autoestima, los valores personales, la motivación, los intereses, etc. Estas variables pare-

ce que son especialmente significativas cuando se ha de explicar por qué no todos los estudiantes aprenden igualmente.

Los estudiantes tienen sentimientos bien diversificados en relación con la ciencia y su aprendizaje. Para algunos las ciencias son difíciles y aburridas, mientras que para otros son apasionantes. Y es bien sabido que la actitud con la que una persona afronta el estudio de una determinada temática es una variable muy importante en relación con el éxito del aprendizaje.

En los primeros cursos de la escolaridad los alumnos acostumbran a tener mucho interés en conocer cómo funcionan los objetos y por qué ocurren los fenómenos, pero todos los estudios muestran que este interés decrece con la edad. Mantener el interés por la ciencia no es fácil y depende de muchas variables.

A menudo se tiende a simplificar el problema reduciéndolo a la *motivación*, pero generalmente la verdadera motivación para el aprendizaje de las Ciencias se da cuando ya se ha empezado a apropiarse de este tipo de conocimiento. Es en este momento cuando los alumnos empiezan a descubrir el placer que supone poder explicar los fenómenos con las ideas generadas por esta forma de cultura. De la misma manera que una persona disfruta más con un juego cuanto más va adquiriendo las habilidades y los conocimientos que le permiten desarrollarlo bien, también es necesario aprender ciencia para poder disfrutar con ella.

Pero, como hemos estado analizando, aprender a jugar este juego no es fácil. Comporta aprender a mirar los hechos desde puntos de vista diferentes, a aplicar estrategias de razonamiento más costosas que las del "sentido común", a trabajar en grupo y reconocer las propias incoherencias, a hablar y escribir un lenguaje nuevo... Sin motivación es difícil llegar a aprender, pero sin darse cuenta de que se va aprendiendo y de que se es capaz de dar explicaciones usando las ideas de la ciencia, no puede haber motivación.

Los sistemas educativos con alto nivel de optatividad desde edades tempranas tienen proporcionalmente menos estudiantes que opten en cursos superiores por disciplinas científicas que aquellos en los que la enseñanza de las Ciencias en profundidad es obligatoria. Una de las explicaciones posibles a este hecho es que, al no escogerlas en los niveles elementales debido a su imagen de difíciles, no se aprende a *jugar su juego*, con lo que aún es más difícil motivarse para su estudio.

El reto de los profesores es, pues, tanto promover ambientes estimulantes al aprendizaje como planificar la enseñanza de forma que posibilite la construcción significativa de conocimientos científicos por parte de la mayoría del alumnado. Algunos aspectos relacionados con el campo emocional a tener en cuenta son:

- **Las creencias que se tienen sobre la mejor manera de aprender Ciencias**. Los estudiantes tienen distintas preferencias sobre cómo aprender mejor, preferencias que reflejan un complejo sistema de creencias personales. Por ejemplo,

muchos jóvenes no valoran la importancia de la reflexión sobre las propias maneras de pensar y de realizar las tareas, y prefieren que sea el profesorado quien les indique qué han de memorizar, qué hacen bien y qué hacen mal.

Hay alumnos a quienes les gustan los estilos de trabajo que promueven la curiosidad o el trabajo, y, en cambio, otros prefieren la presentación sistemática de las nuevas informaciones o la competitividad. Según como se relacione el sistema de enseñanza del profesorado con las creencias del alumnado, los resultados de aprendizaje pueden ser muy distintos.

El cuestionario reproducido en el cuadro 6.9 fue diseñado para diagnosticar los estilos de clase que motivan más a los estudiantes. Estudios realizados muestran que mientras en los niveles de enseñanza comprensivos se encuentran en la misma proporción alumnos con todo tipo de preferencias, a medida que se van seleccionando aumenta la proporción de alumnos del tipo "reproductor" (C).

Cuadro 6.9. *Cuestionario para diagnosticar los estilos de trabajo preferidos por el alumnado.*

¿Cómo te gusta aprender Ciencias?

Aquí tienes descritos 4 personajes que pueden representar diferentes alumnos o alumnas que hay en el Instituto. Lee primero la descripción de los cuatro y pon después una cruz en el personaje con el que te identifiques mejor.

Si piensas que te pareces a más de uno de ellos, ordénalos:

n.º 1 al que más te identificas contigo. n.º 2 al segundo personaje.

Si no te sientes reflejado/a en ninguno de ellos, haz tu propia descripción de manera parecida a las que hay aquí.

a) A Sergio/Rosa no le gusta estudiar solo/a. Por eso, en clase normalmente se aburre un poco y habla con los compañeros y compañeras. Le gustan mucho las prácticas y hacer trabajos en grupo, tanto en clase como en casa, porque así puede estar con la gente y hablar. Es muy sociable. A menudo se apunta a actividades y siempre está haciendo cosas.

b) A Ricardo/María le gusta mucho aprender cosas nuevas y poderlas hacer a su aire. No le gustan demasiado las clases si en ellas sólo habla el profesor o la profesora, pero intenta mantener la atención y después se lo mira y lo relaciona con otras cosas. Tiene curiosidad por conocer cuestiones relacionadas con la asignatura pero que normalmente no se tratan en las clases. Le gusta que le den material y diferentes libros para trabajar en casa, por su cuenta. En las clases más prácticas se lo pasa muy bien si puede inventarse cosas y descubrir otras.

c) A Alberto/Laura le gusta que le expliquen las cosas muy claras y que el profesor o profesora diga exactamente lo que se tiene que hacer y el camino que debe seguir. Le gusta hacer las cosas bien hechas, si no, se lo pasa mal. Si fuese a un examen sin estudiar, tendría unos remordimientos y unos nervios terribles. Por este motivo intenta que esto no le pase nunca. Prefiere que en clase no se pregunte demasiado para que no se disperse el contenido de aquello que está tratando el profesor o la profesora.

(.../...)

d) A Marcos/Silvia le resulta muy poco interesante todo lo que se hace normalmente en las clases de Ciencias. Piensa que sí que le iría bien tener la ESO/el Bachillerato, pero todo lo que debe hacer para conseguirlo no tiene ningún aliciente para él/ella. Menos mal que en el Instituto se puede encontrar con amigos y amigas. Si intenta estar atento/a en clase o estudiar en casa, se aburre muchísimo y no puede concentrarse.

Fuente: Josi Mirandes, Trabajo de investigación no publicado, 1993.

El profesorado también tiene su propio estilo motivacional y lo reproduce en sus clases, ya que se tiende a enseñar como a uno le gustaría que le enseñaran. No es de extrañar, pues, que si su estilo es, por ejemplo, de tipo reproductor, le sea difícil promover en sus clases trabajos en grupo o plantear preguntas abiertas para discutirlas colectivamente y que, por tanto, los alumnos con preferencias por este tipo de clases no disfruten con otras mucho más sistemáticas y expositivas. Es importante, por consiguiente, tomar conciencia de las propias preferencias si se quiere ayudar a aprender a todo tipo de estudiantes.

- **Las actitudes hacia la ciencia o hacia su aprendizaje.** Muy a menudo, los estudiantes tienen la percepción de que aprender Ciencias es algo difícil, que tiene poco que ver con la realidad cotidiana y sólo es útil si se quiere continuar estudiando para ejercer profesiones en las que se requiere ese conocimiento.

  En muchos países esta concepción influye especialmente en las chicas, que optan mucho menos que los chicos por disciplinas científicas como la Física, que es considerada tradicionalmente como la más compleja y alejada de la realidad. A menudo, la imagen que se tiene de una alumna a la que le guste la Física es de "empollona", poco agraciada físicamente y solitaria, aspectos que no siempre se identifican con los chicos que tiene la misma preferencia (véase el cuadro 6.10). Muchas veces el profesorado debe promover el cambio en estos estereotipos si quiere que sus alumnos y alumnas aprendan Ciencias.

Cuadro 6.10. *Guión para identificar percepciones sobre estudiantes a quienes les gusta la Física.*

Imagen de los jóvenes a los que les gusta la Física

La siguiente actividad sirve para identificar los estereotipos dominantes en una clase sobre los chicos y chicas a quienes les gusta la Física. El guión se reparte a la mitad de alumnos con el nombre de chica, y a la otra mitad con el de chico. Los resultados pueden ser objeto de análisis colectivo.

(.../...)

A María/Juan le gusta mucho la Física. Es una chica/o de aspecto .....
.....
Le gusta .....
.....
Cuando sea mayor le gustaría .....
.....
Dentro de 20 años me la/o imagino .....
.....

Fuente: Adaptación de Kelly, Alison *et al.* (1983): *Proyecto GIST, School Council.* Reino Unido.

En general, una de las vías para mejorar el interés del alumnado hacia las clases de Ciencias es plantear temáticas que conecten con su vida cotidiana, tipo CTS y/o transversales. No se ha de olvidar que la mayoría no proseguirá estudios científicos y ha de poder percibir que aquello que está aprendiendo tiene alguna "utilidad".

- **El grado de confianza en la propia capacidad para aprender**. Los fracasos continuos conllevan que muchos estudiantes crean que no son capaces de aprender y que las Ciencias sólo están al alcance de unos pocos. Cuando esto sucede, no se esfuerzan ni en el análisis de la información que reciben ni en la realización de las tareas propuestas, por lo que la probabilidad de aprender significativamente es muy baja y el ciclo del fracaso se realimenta.

  De nuevo la actitud del enseñante es fundamental en relación con la percepción de los alumnos sobre sus propias capacidades. Contra la opinión de muchas personas, diferentes estudios muestran que la variable "profesor" es muy importante en el aprendizaje de alumnos poco motivados social e individualmente (cuadro 6.11).

Cuadro 6.11. *Demanda conceptual de cursos de Ciencias y clase social.*

Factores sociales en el éxito en el aprendizaje de las Ciencias

El presente estudio partió de los bajos resultados de las clases de Ciencias en las escuelas secundarias de Portugal. Las preguntas planteadas tenían relación con la división de los alumnos en dos grupos en función de su nivel en Ciencias: un grupo formado por aquellos estudiantes que tenían niveles altos de éxito, y otro grupo constituido por los que mostraban altos niveles de fracaso. Antes de empezar mi investigación yo había llegado a la convicción de que [...] los nuevos contenidos y métodos de enseñanza de las Ciencias parecía que habían impulsado a los alumnos más "brillantes" a un mayor desarrollo de competencias y, aunque esta clase de enseñanza cumplía sus objetivos, parecía que hacía menos por los niños "menos brillantes", que me parecía que habían retrocedido.

Al principio creía que este fracaso estaba causado por el alto nivel de demanda conceptual que comportaba la enseñanza moderna de la ciencia y, basándome en Bernstein, me sen-

(.../...)

tía impulsado a creer que los niños de clase trabajadora tendían a fracasar en la escuela a causa del alto nivel de abstracción... *(de dicha enseñanza).*
[...] Los datos muestran que, al considerar el efecto de la clase social sobre las diferencias en los resultados, hay que tener en cuenta tanto la influencia del profesor y la escuela como la de la familia. [...] Sin embargo, la variable crucial que produce las diferencias en los resultados, según este análisis de los datos obtenidos, es el profesor.

La práctica pedagógica del profesorado está relacionada fuertemente con el contexto de la escuela. Es este contexto social el que hace que los enseñantes desarrollen cursos con un nivel de abstracción, bajo o alto, conforme a lo que ellos consideran (consciente o inconscientemente) que corresponde a la población escolar a la que están enseñando. Una escuela de clase obrera actúa selectivamente en el nivel conceptual de la enseñanza de manera que produce un enfoque y una demanda conceptual reducidos de la práctica pedagógica. Esto significa que los resultados de algunos grupos de alumnos dependen del contexto en el que se les enseña y/o de la experiencia del profesor. Aunque un análisis superficial puede indicar que todos los alumnos están afectados por igual cuando reciben un nivel bajo de enseñanza, el grupo más afectado es el de clase trabajadora. Son estos estudiantes los que tienen menor probabilidad de desarrollar competencias de un nivel relativamente alto de abstracción, porque *ambos* ámbitos de adquisición (familia y escuela) es menos probable que les proporcionen la oportunidad de desarrollar este tipo de competencias.
[...]

Fuente: Domingo, A. M. (1989): "Conceptual Demand of Science Courses and Social Class". En: Adey, P. *et al.* (eds.): *Adolescent development and school science.* The Falmer Press. Londres.

Generalmente, el contexto influye mucho en las expectativas de los que enseñan y éstas se transmiten a los que aprenden. A menudo, el profesorado es el primero en dejarse llevar por el ambiente que le parece percibir en el aula y renuncia a enseñar. No hay duda de que estimular a quien expresa actitudes desfavorables es algo muy difícil, pero tampoco hay que olvidar que en muchos casos estas expresiones responden más a manifestaciones características de la adolescencia que a actitudes profundas. A menudo su comportamiento es fruto más de una autoafirmación en contra de lo que las personas adultas promueven que una real oposición al aprendizaje. Y es responsabilidad del que enseña no caer en esta trampa.

Las emociones que genera la ciencia y su aprendizaje son de hecho prerrequisitos para una construcción significativa de este tipo de conocimiento. Conseguir que sean positivas es un reto, y habitualmente se considera como uno de los indicadores esenciales para valorar la calidad de una educación científica.

7
Aprender Ciencias implica aprender a autorregularse

La capacidad de aprender está íntimamente relacionada con la capacidad para autorregular el aprendizaje. Las personas se caracterizan por la habilidad de planificar su actividad manipulativa y mental, en función de un objetivo. Implica poner a su servicio todos los conocimientos que se tienen, buscar otros en la cultura existente y construir otros nuevos. En el transcurso de este proceso se evalúa constantemente la coherencia entre lo que se construye y el objetivo fijado, y se regula lo que se valora como erróneo o que no es coherente. A menudo, no solamente se regula el conocimiento aplicado o construido, sino también los mismos objetivos, que se transforman y cambian.

Los alumnos construyen desde muy pequeños su propio estilo de aprender y, en especial, de aprender ciencias. Hay estudiantes que se refugian en la repetición de lo que encuentran en los libros de texto y prefieren que el enseñante les indique detalladamente lo que han de hacer y les ayude a detectar sus errores. Otros estudiantes, en cambio, evalúan y regulan su aprendizaje y la coherencia y calidad de sus ideas, contrastándolas con sus observaciones y hablando y discutiendo con los compañeros y compañeras.

Cada metodología de enseñar Ciencias favorece el desarrollo en el alumnado de un determinado *sistema* de aprender, y será fundamental planificar dispositivos didácticos que ayuden a desarrollar sistemas de aprender *autónomos*. Muy a menudo el profesorado no promueve suficientemente que sea el mismo alumno quien se represente los objetivos y diseñe sus planes de acción, ni le da posibilidades de equivocarse y, al mismo tiempo, de evaluar dónde está su error.

7.1. Metacognición y autorregulación

El concepto de metacognición tiene distintas acepciones. Una de las posibles definiciones se relaciona con la capacidad de las personas para:

- Tomar conciencia de las actividades cognitivas que realiza y de sus resultados (tanto de su forma de razonar como de las ideas que genera, de los procedimientos que aplica o de sus emociones).
- Emitir juicios sobre la bondad de dichas razonamientos, ideas, procesos y/o resultados, y sobre las posibles causas de las incoherencias o no idoneidad.
- Tomar decisiones para modificar dicha actividad mental, su producto o la misma situación que la ha suscitado.

Esta concepción de metacognición, que algunos llaman *metacognición reguladora*, pone el acento precisamente en la autorregulación. El aprendizaje se ve como un proceso de autosuperación de obstáculos de todo tipo que lo dificultan, y de autocorrección de los errores que, tal como se ha indicado, son algo totalmente normal mientras se aprende.

En el marco de las teorías constructivistas del aprendizaje, el concepto de autorregulación es central, ya que se considera que es el propio alumno quien construye su conocimiento a partir de la interacción con otras personas. Esta construcción implica autoevaluar y autorregular constantemente qué y cómo se va aprendiendo. El profesorado, los compañeros o la lectura de textos son referentes que promueven la toma de conciencia y de decisiones, pero esta actividad la ha de realizar el propio alumno para que dicha interacción se traduzca en aprendizaje.

Si se compara esta concepción con puntos de vista no constructivistas se podrá comprender mejor la diferencia. Por ejemplo, cuando se piensa que los estudiantes aprenden porque incorporan a su pensamiento las ideas "correctas" que los profesores o los libros de texto verbalizan, el error y la desviación se ven como algo no deseable, cuya producción se debe evitar desde el inicio. Si se concibe que el que aprende no sabe nada, ni tiene ideas sobre el tema objeto de estudio, el problema de enseñar se reduce a "explicar" muy correctamente y "didácticamente" las ideas, para que el alumno las reproduzca tal cual.

Pero, actualmente, sabemos que esto no es cierto. Todas las personas construyen sus propias ideas muchas veces fuera del ámbito de la escuela, y el aprendizaje consiste en revisarlas, complementarlas, reorganizarlas, aumentar su grado de complejidad, etc. Es decir, para aprender se ha de ser capaz de autorregular esas ideas.

Numerosos estudios muestran que hay alumnos que tienen una elevada capacidad metacognitiva y se autorregulan fácilmente, mientras que otros son muy poco autónomos y dependen constantemente de que los demás les ayuden a tomar con-

ciencia de sus dificultades y a tomar decisiones. También se ha comprobado que aquellos estudiantes que el profesorado considera que tienen gran capacidad para aprender, son competentes desde el punto de vista metacognitivo (véase el cuadro 7.1). Es cierto que puede haber alumnos poco metacognitivos que obtengan buenos resultados en exámenes memorísticos, pero sus resultados son muy deficientes cuando se les propone analizar y explicar situaciones no reproductoras.

Cuadro 7.1. *Representaciones del alumnado sobre cambios metodológicos.*

¿Cómo y por qué la profesora ha cambiado la forma de enseñar?

En una clase de 3.º de ESO se diseñó un conjunto de actividades para la enseñanza del concepto de cambio químico.

El resumen del proceso seguido es:

- Los estudiantes manifestaban sus ideas acerca de cómo interpretaban que el cobre aumente su masa cuando se calienta fuertemente (en presencia de oxígeno).
- Se les daba a leer textos en los que se explicaba cómo fue interpretado este hecho en diferentes momentos de la historia (Scheele, Priestley, Lavoisier).
- Se les pedía que compararan sus ideas iniciales con las históricas.
- Se realizaban nuevos experimentos para aplicar las nuevas ideas.

Una vez finalizada la unidad didáctica, se preguntó a los alumnos qué diferencias habían notado entre la forma de estudiar este tema y las anteriores y si sabrían dar alguna razón por la que la profesora lo había planteado de esta forma.

Se identificaron tres tipos de respuestas:

- Alumnos que no supieron especificar cambios relevantes.
- Alumnos que valoraron que habían hecho más experimentos y que, de esta forma, el tema había sido más interesante.
- Alumnos que especificaron que la profesora había querido que se dieran cuenta de que sus ideas se parecían mucho a las expresadas por científicos de otras épocas, y que actualmente había otra forma mejor de explicar los mismos hechos.

Hubo una elevada correlación entre los alumnos que obtuvieron buenos resultados en el examen final y los del 3.er grupo, aunque también algunos alumnos del 2.º grupo demostraron un buen nivel de aprendizaje.

Fuente: Antonia Via. Trabajo de Investigación no publicado. UAB, 1994.

El desarrollo de la capacidad de autorregularse depende en buena parte de cómo se oriente el trabajo en el aula y, en general, del entorno de aprendizaje (figura 7.1).

LOS ESTUDIANTES QUE

APRENDEN	APRENDEN MENOS
TIENEN UN AMBIENTE QUE:	**TIENEN UN AMBIENTE QUE:**
- Ayuda a explorar	- Explica directamente los contenidos
- Anima a anticipar las consecuencias de una acción futura	- Dice qué se tiene que hacer para resolver correctamente una tarea
- Anima a verificar los resultados de una acción	- Dice si está bien hecha o no una tarea
- Da refuerzos positivos	- Da refuerzos negativos
- Hace reformular (explica qué has entendido...)	- Juzga, castiga, sanciona, excluye...
- Plantea problemas, interrogantes	- Da respuestas

Figura 7.1. Características de distintos entornos de aprendizaje.
Fuente: E. Palacio Quentin, 1992.

Algunos estudiantes muestran resistencia a reflexionar sobre sus ideas, a autorregularlas. Prefieren que se les diga lo que tienen que repetir y memorizar, ya que a corto plazo es intelectualmente mucho menos costoso. Sin embargo, este tipo de aprendizaje es muy poco significativo, ya que sólo permite aplicarlo a situaciones muy similares a las estudiadas y cada nueva situación o nuevo problema, aunque se refiera al mismo conjunto de ideas o modelo teórico, necesita de un nuevo aprendizaje. Además, se olvida con facilidad, ya que no se integra a la estructura cognitiva previa, sino que se aprende como algo totalmente nuevo y desvinculado de otros conocimientos, como un grano de arena en un mar de ideas.

Por ello un objetivo fundamental de todo proceso de enseñanza será conseguir que cada alumno y alumna *aprenda a aprender autónomamente,* es decir, que desarrolle las habilidades que le posibiliten autorregular sus procesos de pensamiento y sus actuaciones.

7.2. Componentes del proceso de autorregulación

> Los especialistas en psicología animal han subrayado que los animales son esclavos de su campo perceptivo [...]. Por el contrario, el niño adquiere pronto

> una cierta independencia respecto de su entorno concreto... Aprende a planificar, y sus metas e intereses determinan lo que va a ver [...].
>
> La verdadera educación no sólo consiste en enseñar a pensar, sino también en aprender a "pensar lo que se piensa" y este momento reflexivo es el que con mayor nitidez marca nuestro salto evolutivo respecto a otras especies [...] (J. A. Marina [1993]: *Teoría de la inteligencia creadora*. Anagrama, Barcelona.)

Como recoge la cita inicial, cada niño adquiere pronto la capacidad de dirigir su aprendizaje. Sin embargo, en el contexto escolar (al igual que en el contexto familiar y otros) tiene lugar constantemente una negociación entre sus metas y las de la escuela, entre su percepción de los procedimientos mejores para alcanzarlas y los que la escuela quiere promover, entre sus propios criterios sobre qué está bien y qué no y los de los profesores.

Aprender depende fundamentalmente de la capacidad que se tenga para autorregular las metas y objetivos, los planes de acción y los criterios de evaluación en función de esta negociación (figura 7.2). Como veremos, no se trata de una adopción pura de los objetivos y procedimientos de otros, sino de reconstrucciones, que son fruto en buena parte de *pensar lo que se piensa* conjuntamente.

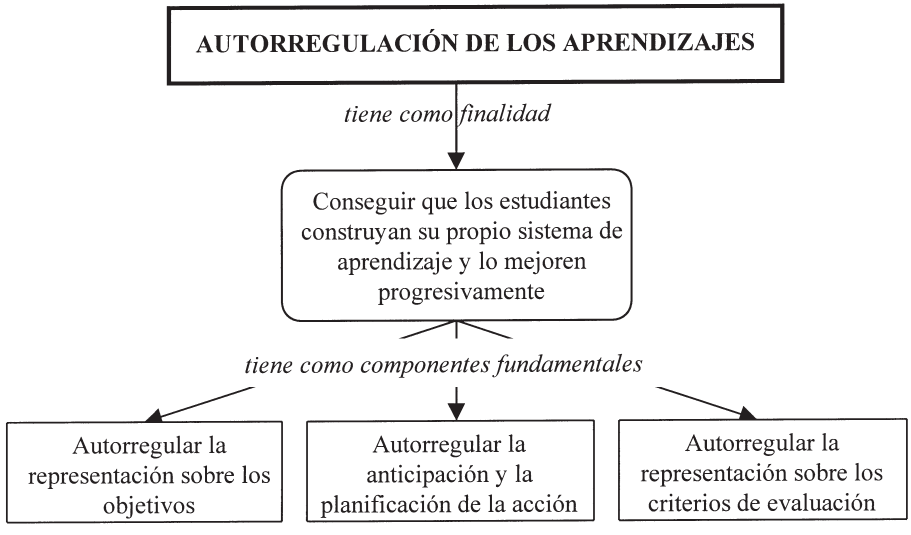


Figura 7.2. Componentes de la autorregulación de los aprendizajes.

Muchas de las actividades propuestas habitualmente para aprender Ciencias no posibilitan el desarrollo de estas capacidades. Para cambiar estos diseños es necesa-

rio cambiar las concepciones sobre la función de la autorregulación en el aprendizaje y profundizar en algunos de sus componentes (cuadro 7.2).

Cuadro 7.2. *Análisis de dos diseños alternativos de un trabajo práctico.*

La siguiente actividad experimental fue propuesta a alumnos de 2.º curso de ESO en el marco de una lección orientada al estudio del concepto de "cambio químico":

Reacción entre el Zn y el HCl

Necesitas: un tubo de ensayo, Zn en polvo y HCl diluido.
Procedimiento: llena 1/2 tubo de ensayo con el ácido clorhídrico diluido. Añade Zn.

- *Observa cómo se desprenden unas burbujas de gas hidrógeno.*
- *Escribe la reacción química que ha tenido lugar.*

A partir de su lectura valorar:

– ¿Qué objetivo de la actividad puede percibir un alumno? ¿Éste es el objetivo que el profesorado pudo tener al proponerla?
– Una vez realizada la actividad, ¿el alumnado puede haber aprendido a desarrollar su capacidad de anticipar y planificar lo que ha de observar y pensar para saber si un cambio es químico?
– ¿Esta actividad facilita que el alumnado aprenda a identificar criterios para evaluar si sus ideas sobre lo que se entiende por cambio químico son adecuadas?

Un posible planteamiento alternativo orientado a promover la autorregulación sería:

¿Qué sucede al introducir Zn en HCl?¿Cómo se explica?

- *Escribe lo que crees que puede suceder al introducir polvo de Zn en el HCl. Compara tu predicción con la que han hecho tus compañeros/as. ¿Coincide?*
- *Discute con tu grupo cómo podréis saber si se produce un cambio químico o no. Anota las conclusiones de vuestra discusión.*

Ahora realiza el experimento.
Necesitas: un tubo de ensayo, Zn en polvo y HCl diluido.
Procedimiento: llena 1/2 tubo de ensayo con el ácido clorhídrico diluido. Añade Zn.

- *Describe los cambios que observas y compáralos con tus predicciones. ¿Tienes alguna evidencia de cambios en relación con las sustancias iniciales? ¿Y de que se hayan producido nuevas sustancias?*
- *Discute con tu grupo sobre si creéis que se ha producido un cambio químico o no. Escribe tus conclusiones, utilizando el lenguaje que utilizan los químicos.*
- *Otros alumnos que hicieron el mismo experimento dijeron que el Zn se había disuelto en el HCl y que lo sabían porque el Zn ya no se podía ver. Argumentaron que lo sucedido era parecido a disolver sal en agua. Critica esta afirmación.*

Justificar por qué esta planificación de la actividad puede favorecer la autorregulación.

7.2.1. La autorregulación de los objetivos de aprendizaje

Todo aprendizaje está orientado por las metas y objetivos que se propone. En las clases de Ciencias los objetivos están relacionados con las preguntas o problemas planteados: ¿Qué necesita una planta para crecer? ¿Por qué las manzanas caen y la Luna no? ¿Cómo obtener hidrógeno a partir del agua? ¿Se pueden prevenir los terremotos? ¿Por qué un río está contaminado?, etc. Para que el alumnado aprenda es preciso que hagan suyas las preguntas y deseen responderlas.

Pero, mayoritariamente, lo que es un problema para el enseñante no lo es para las alumnas y alumnos, tanto porque perciben el fenómeno de manera diferente como porque no están interesados en hacerse preguntas relacionadas con él. Así, al realizar las actividades y tareas, el alumnado cree que tienen unos fines diferentes de los que persigue el enseñante al planificarlas, tal como han constatado Freyberg, P. y Osborne, R. (1991: 242):

> El fin percibido por el alumno respecto al trabajo no es el que percibe el profesor. Los alumnos muchas veces no aciertan a discernir el objetivo de una lección concreta.
>
> Nuestras investigaciones han demostrado que las percepciones del profesor sobre el fin de una tarea prefijada no suelen ser las de sus alumnos. Esto tiene varias consecuencias:
>
> - Algunos alumnos que no pueden percibir inmediatamente un objetivo para la lección, limitan su participación a seguir las instrucciones. Actúan de la forma esperada por el profesor y es, por tanto, una estrategia efectiva para enfrentarse a la situación, pero tiene un nivel muy bajo de implicación intelectual.
> - Algunos alumnos establecen sus propios objetivos alternativos, que el profesor a su vez puede, pero generalmente no lo hace, percibir.
> - Algunos alumnos que no reconocen el objetivo, se dan cuenta, sin embargo, de que tienen que obedecer el resultado esperado, y por ello están interesados en "dar con la respuesta correcta".
> - Algunos profesores establecen objetivos para una lección que son "privados"; por ejemplo, no se los comunican al alumno. Estos objetivos privados frecuentemente no se logran porque los alumnos no comprenden realmente lo que se les pide.

Si el aprendizaje es el resultado del establecimiento de relaciones significativas entre los conocimientos previos y los nuevos, ya sea para sumar nuevas informaciones, ya sea para revisar relaciones anteriormente establecidas, es preciso que quien aprende pueda identificar qué parte de los conocimientos almacenados en su memoria debe activar para poder establecer dichas relaciones. Y ello solamente se produci-

rá si se reconoce cuál es la finalidad de las actividades que se le propone realizar, ya que, en caso contrario, las nuevas concepciones se construirán al margen de los conocimientos con los que deberían relacionarse y, en general, los nuevos aprendizajes serán poco significativos.

Todas las metodologías de enseñanza de las Ciencias de orientación constructivista parten de promover inicialmente que el problema objeto de aprendizaje quede lo mejor formulado posible desde el inicio de la unidad didáctica, así como el porqué se plantean determinadas actividades para darle respuesta. Por ejemplo, cuando se trabaja con métodos "investigativos", la primera fase consiste en definir el problema a investigar colectivamente. Y, si se parte de la detección de las concepciones iniciales de los estudiantes, se hace con la finalidad de que éstos tomen conciencia de sus ideas para ponerlas a prueba en las siguientes actividades. Como también puede partirse de discutir en el grupo las preguntas que serán objeto de aprendizaje (cuadro 7.3).

Cuadro 7.3. *Ejemplo de actividad orientada a compartir objetivos y a autorregular las propias percepciones iniciales.*

¿Qué aprenderemos en este tema?

La profesora, después de presentar un nuevo tema de estudio, pide a los estudiantes que escriban en una cartulina las preguntas que consideran que puede ser importante plantearse y llegar a aprender a responder en relación con el tema.

Todas las cartulinas se mezclan junto con otras que ha añadido la profesora con su preguntas, y cada grupo de alumnos escoge unas cuantas al azar y compara y comenta les diferentes opiniones escritas. A partir de la discusión entre las opiniones expresadas por cada grupo, se recogen y se vuelven a redactar las preguntas consideradas más relevantes, que son las que servirán de referencia para valorar si se está aprendiendo a darles respuesta.

Yolanda, una alumna de 3.º de ESO que había hecho esta actividad al inicio de un tema sobre el estudio del cambio químico, escribe en su diario de clase: *"He quedado muy sorprendida cuando he visto que todos pensaban cosas diferentes para aprender. Me he dado cuenta de que las cosas que yo pensaba eran poco interesantes. Tengo muchas ganas de ver si realmente aprenderemos las cosas que hemos dicho".*

Dedicar tiempo a compartir metas y objetivos es todo lo contrario de "perder tiempo" para enseñar. Pero compartir no es lo mismo que imponer. En el aula se produce siempre, explícita o implícitamente, una negociación, y pocas veces los objetivos iniciales del profesor son los mismos que al final del proceso. Se puede afirmar que a lo largo del proceso de enseñanza-aprendizaje se va produciendo un acercamiento entre las representaciones iniciales de profesores y alumnos sobre los objeti-

vos. Cuando unos y otros llegan a una formulación compartida, es cuando se puede afirmar que se ha aprendido algo (figura 7.3).

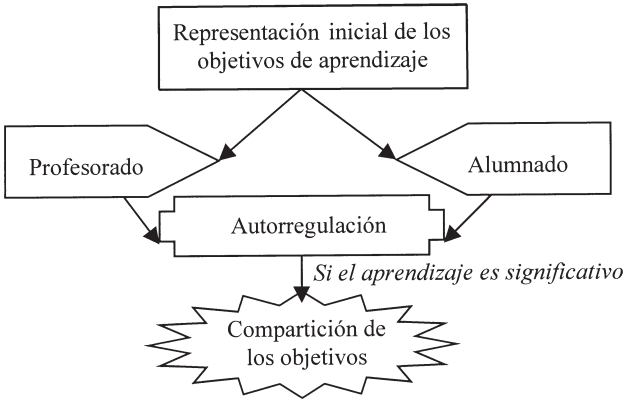


Figura 7.3. Alumnos y profesores han de compartir objetivos.

7.2.2. La autorregulación de los planes de acción

En el campo de la enseñanza de la ciencia los planes de acción se relacionan a menudo con los procesos experimentales característicos del trabajo científico, pero también en la identificación de los conocimientos previos que hay que activar, en el reconocimiento de las diferentes estrategias para enfrentarse a la resolución de un problema, en la representación de los posibles resultados, etc.

Los expertos en aprender saben que antes de empezar una tarea hay que prever los posibles caminos a seguir, las etapas intermedias y los posibles resultados que se pueden obtener. Y, en función de esta previsión, hay que escoger uno de los caminos y decidir un orden en las operaciones necesarias para aplicarlo.

El profesorado constata frecuentemente que hay muchos alumnos que no son capaces de planificar el trabajo que se les pide y que, en consecuencia, realizan las tareas a base de hacer o decir lo primero que se les ocurre, e ir aplicando diferentes operaciones o formas de hacer y de razonar, sin demasiada coherencia ni orden. Algunos de estos alumnos manifiestan una gran inseguridad y no acaban ninguno de los procesos iniciados. Otros siguen un proceso sin ser capaces de analizar, ni al comienzo ni al final del trabajo, si es el idóneo.

En cambio, si un chico o una chica se plantean si hay maneras diferentes de realizar una tarea o de explicar un fenómeno, qué necesita saber, qué pasos debería seguir, cuánto tiempo le hace falta, etc., está poniendo de manifiesto que ha aprendido a

anticipar y a planificar el trabajo a desarrollar (cuadros 7.4. y 7.5). Por ejemplo, está bien comprobado que los buenos resolvedores de problemas son estudiantes que dedican mucho más tiempo a pensar y planificar cómo resolverlos que a efectuar cálculos (véase la figura 9.7).

Sin haber desarrollado esta capacidad de anticipar y planificar la acción, es difícil que cualquier aprendizaje llegue a ser significativo.

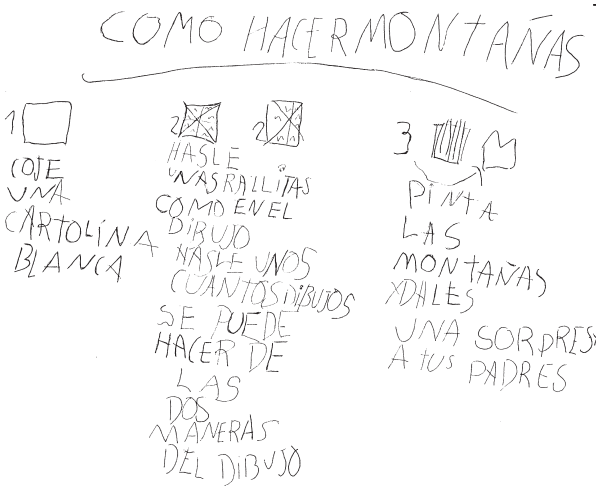
Cuadro 7.4. *Planificación de la acción de un niño de 5 años.*

Anticipando cómo hacer un regalo para los padres

A continuación, se reproduce la planificación de la acción que hizo un niño de 5 años, cuando se le pidió que dibujara cómo haría un obsequio para sus padres, inventado por él. Este niño era reconocido como superdotado.

Su representación muestra cómo, sin una enseñanza previa sobre cómo había de presentar la tarea, este niño anticipa las operaciones que deberá hacer, establece una diferencia entre dos estrategias posibles y ordena todo el proceso.

La mayoría de niños y niñas tienen que aprender a desarrollar esta capacidad, ya que necesitan mucho más tiempo para llegar a ser tan autónomos. Pero una función de la escuela es precisamente la de promover el desarrollo de este tipo de capacidades.



Fuente: Conxita Romeu, CEIP Baloo, Barcelona, 1998.

En general, cuando una persona comienza a aprender algo, necesita hacerlo paso a paso y verbalizar –a menudo hablando consigo mismo– cómo lo hace o lo piensa

y en qué orden. Esta representación de la acción se va autorregulando tanto comparándola con la forma de hacer de otros compañeros como con las sugerencias que puede dar el profesor o con el reconocimiento de que algo no es coherente.

Cada persona va construyendo su propia representación sobre cómo dar respuesta a un problema o cómo realizar una actividad, o bien sobre el concepto o idea que se está trabajando, por lo cual no sirve que el enseñante lo dé todo hecho para que el estudiante lo memorice. A medida que se es más experto, el conocimiento se va interiorizando y deja de ser tan explícito.

Por ejemplo, cuando se aprende a conducir hay que ir rehaciendo mentalmente todas las operaciones, mientras que, cuando ya se es un conductor veterano, se hace todo *sin pensar en ello*. Si se quiere aprender el significado de algún concepto nuevo, hay que relacionarlo con otros más generales y más particulares, reconocer atributos que lo definen, identificar ejemplos y contraejemplos, etc. Así, cuando se ha aprendido el concepto "insecto", se piensa en un animal invertebrado, diferente de otros tipos de invertebrados y de los vertebrados, que tiene 6 patas, etc., y en animales que lo son, como la abeja o la hormiga, y en otros que no lo son como la araña. El profesorado que es experto en saber qué es un insecto, no explicita todas estas relaciones, pero cuando aprendió a construir el concepto de insecto le fue necesario elaborar de forma consciente una buena representación de todas ellas, es decir, una Base de orientación.

Una *Base de orientación* (véase el apartado 10.1.b) se puede definir como una representación de las estrategias posibles y de las operaciones necesarias para dar respuesta a un problema, para realizar una tarea. Esta representación incluye tanto los procedimientos como las concepciones, y es personal. El profesorado puede dar a conocer su propia representación, pero cada alumno la reconstruye y, por tanto, debe ser capaz de autorregularla si no es adecuada a los fines propuestos (cuadro 7.5).

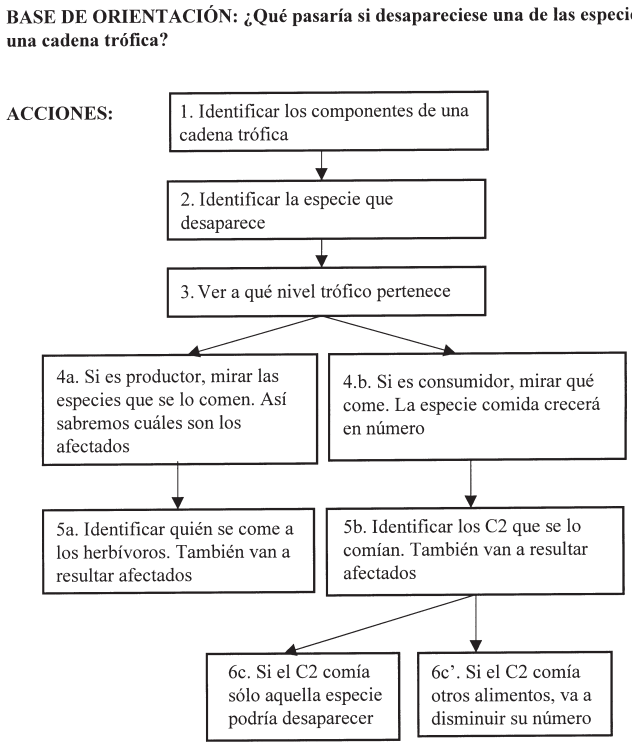
Cuadro 7.5. *Anticipación de la acción para responder a una pregunta.*

Base de orientación: ¿Qué sucede cuando desaparece una especie?

Esta "Base de orientación" fue elaborada por dos alumnas de 15 años, a partir de las ideas construidas a lo largo de un proceso de enseñanza diseñado con esta finalidad. Entre ellas y con la ayuda de la profesora, fueron regulando sus representaciones acerca de los aspectos en los que habían de pensar para dar respuesta a la pregunta inicial hasta llegar a la formulación que aquí se recoge.

Las representaciones expresadas por cada pareja de alumnos del grupo-clase fueron distintas, aunque buena parte de ellas eran válidas y útiles para los alumnos que las habían construido. Si la profesora hubiera dado su propia Base de orientación para que los estudiantes la aplicaran, es posible que sólo hubiera sido útil a los estudiantes cuya propia representación fuera más parecida a la de la profesora.

(.../...)



Fuente: Pilar García, IES. Joan Oliver, Sabadell, 1993.

Los mapas conceptuales, la V de Gowin o el diseño de diagramas de flujo (véase el apartado 10.1) también son instrumentos que favorecen la autorregulación de la acción. Al realizarlos, el estudiante ha de establecer relaciones y estructurarlas de forma coherente y en el mismo proceso de ejecución, va autorregulando su significatividad.

7.2.3. La autorregulación de los criterios de evaluación

Para aprender Ciencias hay que estar constantemente evaluando si el proceso elegido para conseguir los objetivos es adecuado, así como la coherencia entre los datos experimentales y la explicación que les damos, y entre los propios razonamientos y los de los compañeros y compañeras. Se ha de poder reconocer si hay correspondencia entre el modelo teórico discutido en clase y el modelo personal propio.

Para que el alumnado pueda autorregular su aprendizaje, necesita compartir los criterios de evaluación con el profesorado. Ellos son los indicadores que posibilitan identificar lo que es más importante entre todo lo dicho y hecho en el aula.

Es un hecho bien comprobado que en todo grupo-clase hay algunos alumnos que rápidamente "intuyen" cuáles son los aspectos que cada profesor/a considera más importantes en el momento de valorar los resultados de un aprendizaje. Estos estudiantes saben seleccionar qué ideas, procedimientos y formas de razonamiento son los más básicos entre el conjunto de informaciones que han recibido y las actividades que han ido realizando en el transcurso del aprendizaje de un determinado contenido.

Estos alumnos identifican el aspecto en el que han encontrado el obstáculo que les impide avanzar, o el razonamiento que no es coherente y, cuando piden ayuda, lo hacen en relación con este aspecto concreto que han detectado. Dicen: "No estoy seguro de si hervir el agua es un cambio químico, porque el agua ya no se ve" o "No sé cómo medir el volumen de los sólidos irregulares para poder calcular su densidad", lo cual pone de manifiesto que tienen criterios para decidir sobre sus dudas o dificultades. Son los alumnos que obtienen buenos resultados escolares porque pueden autorregularse.

Por contra, habitualmente, una mayoría de estudiantes afronta la realización de un número considerable de tareas sin percibir con qué criterios se considerará si su producción es la más adecuada. En general, su estrategia es ensayar una respuesta y comprobar, a partir de la corrección que hace el profesor, si ha acertado o no. Es en este sentido en el que consideran los exámenes como una lotería, en la que unas veces se acierta y otras no. Son alumnos que, antes de una prueba, no saben verbalizar la importancia de tal o cual contenido, o que después de dar una respuesta no saben valorar si ésta ha sido la más apropiada. Siempre dependen del enseñante para saber la bondad de los resultados obtenidos y, cuando piden ayuda, lo hacen diciendo: "No lo sé hacer", "No me sale", como si no tuvieran ningún referente.

No hay duda de que la rentabilidad de un proceso de aprendizaje es mucho más alta cuando se conocen los criterios por los que se juzgará la calidad de las producciones. Estos criterios han de posibilitar no sólo reconocer su consistencia, sino también las posibles causas de la no adecuación, que pueden ser muy diversas (cuadro 7.6).

Cuadro 7.6. *Explicar qué no está bien y por qué.*

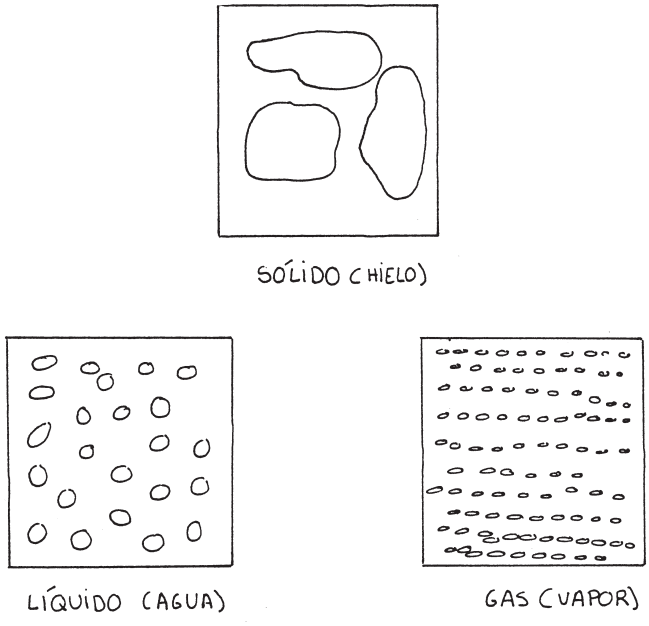
Los alumnos de una clase de 2.º de ESO dibujaron sus ideas sobre cómo estaban distribuidas las partículas de agua en los estados sólido, líquido y gaseoso.

Posteriormente, se discutieron los criterios de evaluación posibles. La profesora fue razonando sobre posibles causas de representaciones que no serían acordes con el modelo discontinuo de la materia.

Posteriormente, cada alumno tenía que autoevaluar su primera representación justificando tanto lo que había dibujado incorrectamente como las razones de ello. Posteriormente, otro compañero o compañera revisaba la opinión emitida.

(.../...)

Por ejemplo, un alumno cuyo dibujo inicial había sido el siguiente escribió:



"Me he equivocado porque he dibujado las partículas de agua de tamaño distinto en cada estado. Creo que lo he dibujado así porque me imaginaba que las partículas de agua sólida eran como trozos de hielo, y que, en cambio, las de agua líquida eran más pequeñas porque se pueden hacer gotas muy pequeñas. Y las de vapor aún más porque ni se ve. Me pensaba que las partículas eran de hielo o agua, pero mucho más pequeñas. Ahora, en cambio, creo que las partículas de agua son iguales en los tres casos y que la diferencia es cómo están unidas."

La compañera que evaluó su razonamiento escribió: *"Marc tiene bastante razón y se da cuenta bien de por qué se ha equivocado. Aunque hay muchas más diferencias entre los tres casos. Por ejemplo, las partículas se mueven mucho más deprisa cuando el agua es gas y también están mucho más desordenadas".*

Habitualmente, el alumnado, de forma autónoma, elabora una representación imprecisa y poco operativa de lo que es importante evaluar. Por ello, autorregular el aprendizaje implica autorregular dicha representación.

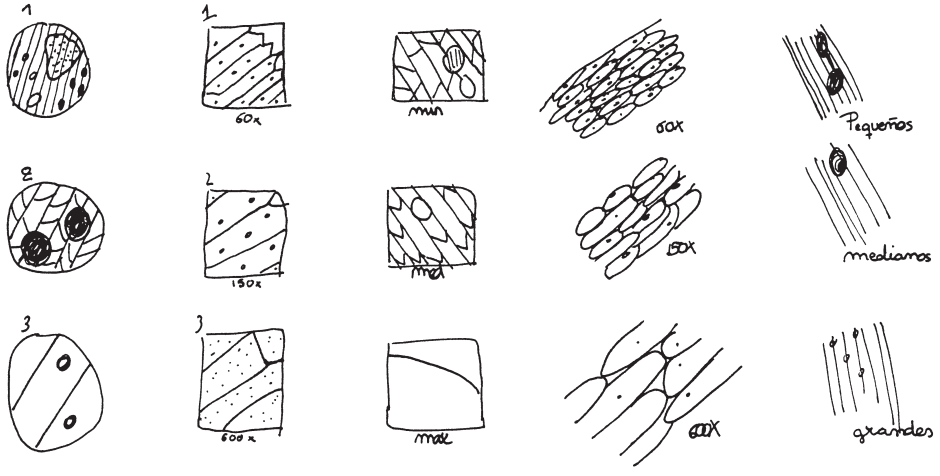
Se ha comprobado que el desarrollo de esta capacidad se favorece cuando se analiza la producción de algún compañero o compañera, ya que es más fácil evaluar a otro que a uno mismo. Por ejemplo, al analizar trabajos o ideas expresadas por alumnos de cursos anteriores o al revisar escritos o dibujos de otros compañeros se identifican criterios que conducen a autorregular los propios (cuadro 7.7).

Cuadro 7.7. *Representación de criterios de evaluación.*

Evaluemos nuestros dibujos de células

a) Discutir, en pequeño grupo, qué criterios utilizaríais para evaluar estos dibujos de unas observaciones al microscopio de una piel de cebolla. Anotarlos.
b) Comparar estos criterios con los del resto de la clase. Anotar los consensuados en la tabla siguiente y utilizarlos para evaluar los dibujos adjuntos. Luego autoevaluar el que habíais hecho.

Criterio	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*mío*
1. Indica los aumentos.	–	+	–	+	–	
2. Interpreta el dibujo poniendo el nombre de las partes de la célula.	–	–	–	–	–	
3. Los dibujos son proporcionados al tamaño real y a los aumentos.	+	–	+	+	–	
4. Dibuja sólo lo que es importante en relación con la célula.	–	+	–	+	–	
5. El dibujo es completo.	–	+	–	+	–	



Fuente: Pilar García. IES Joan Oliver, Sabadell, 1996.

En el aprendizaje de conocimientos científicos a menudo son más importantes los criterios que permiten *descartar* una idea, que los que sirven para confirmarla. Los alumnos con buenas habilidades metacognitivas tienden a menudo a pensar más en argumentos que conducen a negar una afirmación que en los que pueden confirmarla (véase el cuadro 2.6). Por ello es importante desarrollar esta capacidad planteando preguntas de forma que el estudiante tenga que pensar en cómo poder descartar posibles respuestas.

7.2.4. *Autorregulación: un único proceso con distintos componentes*

En los apartados anteriores se han analizado distintos componentes de la actividad autorreguladora. Aunque se ha reflexionado sobre ellos separadamente, todos se interrelacionan al llevar a cabo actividades orientadas al aprendizaje de algún nuevo conocimiento.

La actividad es un proceso realizado en función de un objetivo consciente que relaciona a cada persona con otras y a todas con el objeto de aprendizaje. Para los alumnos, habitualmente el objetivo está motivado no tanto por el conocimiento en sí mismo como por aprobar o conseguir la felicitación de las personas de su entorno. Aunque sería deseable que el motivo y el objetivo llegaran a coincidir, es decir, que los estudiantes se motivaran por aprender determinados conocimientos y procedimientos científicos, ello no es frecuente.

Además de su componente intencional (¿qué objetivo se quiere conseguir?), hemos visto que toda actividad tiene también un componente operacional (¿cómo?, ¿de qué forma se puede alcanzar?), no relacionado sólo por el objetivo, sino también por las condiciones concretas de realización y los medios. Dependerá del tiempo disponible, de la calidad que se supone que han de tener los resultados, de los recursos que se tengan al alcance, etc.

En función de estas representaciones, así como del posible resultado esperado, cuando se ejecuta la acción se activa el componente regulador. En la realización de la actividad se pueden evaluar-regular tanto los objetivos como las operaciones que se van realizando.

Los estudiantes que han construido un buen sistema de aprendizaje, son capaces de explicitar este proceso y conversar con ellos mismos o con otras personas sobre la realización de la actividad antes de llevarla a cabo. Ésta es la estructura en que se fundamentan para tomar decisiones relativas a cómo orientar la realización de la actividad, cómo ejecutarla y cómo regularla (figura 7.4).

Por ejemplo, el profesor puede plantear la realización de una experiencia para que los alumnos deduzcan la ley de Hooke. Si se pretende que la actividad sea útil para aprender, los estudiantes han de representarse por qué se propone esta experiencia, cuál es su finalidad, con qué contenidos ya aprendidos se relaciona... Sin representarse los objetivos, pueden realizar la experiencia, pero no necesariamente aprender. Muchas veces, los trabajos prácticos propuestos en clase no repercuten en aprendizajes precisamente porque los alumnos manipulan objetos y materiales sin reconocer la finalidad de su trabajo.

Al mismo tiempo, antes de empezar a manipular y a tratar los datos, es importante que se representen todo el proceso de actuación y qué tipo de cosas van a encontrar. Puede ser que tengan que optar entre varias estrategias o procedimientos posibles. Y, cuando actúen, han de tener criterios para poder decidir si su acción conduce al objetivo esperado y cambiarla en función de las dificultades o incoherencias detectadas, es decir, han de poder autoevaluarse.

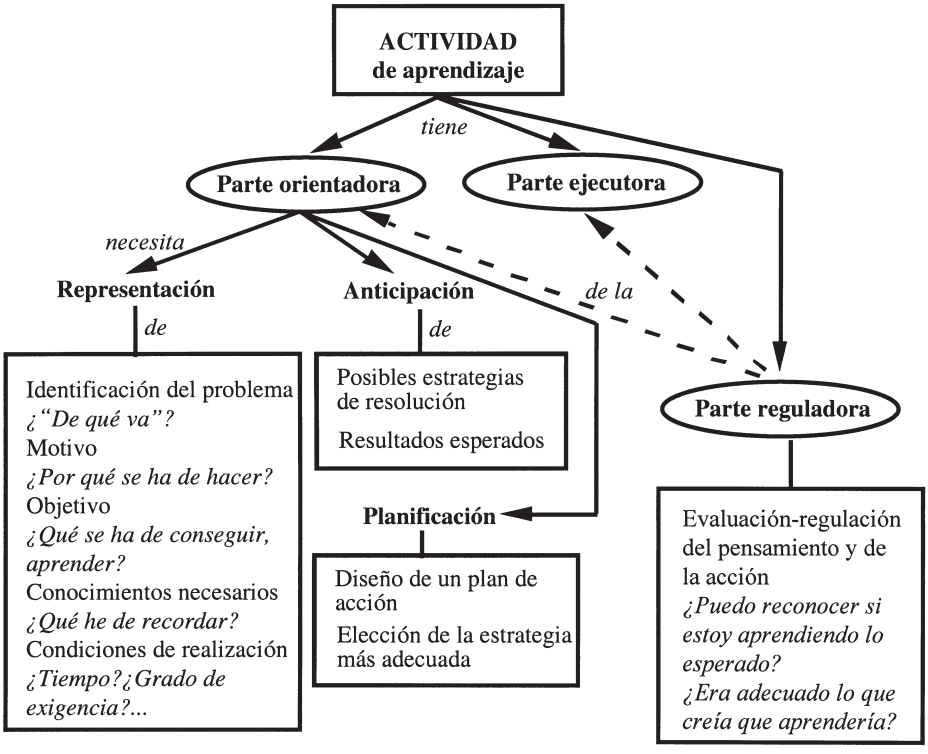


Figura 7.4. Estructura de la actividad de aprendizaje.

En el aula, profesor y alumnos continuamente interactúan para regular el proceso y conseguir que la actividad conlleve un aprendizaje significativo. La finalidad de la actividad es difícil que sea percibida de forma coincidente al inicio del proceso de aprendizaje. De la misma forma, mientras se va actuando y hablando con los compañeros o con el profesor, van tomando sentido las distintas acciones, y se van identificando los criterios que permiten decidir si son adecuadas y si las ideas que se van generando son coherentes. Continuamente, el que aprende ha de ir autorregulando su actividad, manipulativa y mental, y en este proceso es fundamental la interacción con los demás.

Cuanto más autónomo sea un alumno en el establecimiento de interrelaciones que faciliten su autorregulación, más fácilmente aprenderá. Por ello, será importante que los diseños didácticos favorezcan el desarrollo de la autonomía, porque en caso contrario sólo aprenden los que la han construido en su ambiente familiar.

7.3. Algunas consecuencias y sugerencias para el trabajo en el aula

La actividad del alumnado es su medio para aprender. Pero para que esta afirmación sea cierta, esta actividad ha de reunir una serie de condiciones ya que, en caso contrario, se transforma en "activismo".

Algunas de estas condiciones son:

a) En el diseño didáctico hay que introducir actividades orientadas a comunicar los objetivos al alumnado y dedicar tiempo a identificar y regular sus representaciones. Este tiempo de enseñanza, aparentemente perdido, a medio plazo se recupera ampliamente porque el aprendizaje es mucho más significativo (cuadro 7.8).

Cuadro 7.8. *Actividad orientada a compartir objetivos.*

¿Qué aprenderemos?

La finalidad de esta actividad es la de acordar qué vamos a aprender realizando esta práctica, cómo y por qué.

Equipo central: Leer bien el guión (en casa) y preparar respuestas a posibles preguntas de los compañeros/as sobre:

1. ¿Para qué realizaremos la práctica? ¿Cuáles son sus objetivos? (qué se pretende que aprendáis tanto en relación con conceptos, como con procedimientos y actitudes).
2. ¿Qué se habrá de hacer y por qué?

Resto de la clase: Pensar en las preguntas que podéis plantear a vuestros compañeros/as para conocer bien **por qué** vamos a realizar esta práctica y **qué** habremos de hacer. Será como una entrevista y vosotros seréis los entrevistadores.

Al final anotar:

1. ¿Cuáles son los objetivos de está práctica? ¿Qué podré aprender al realizarla?
2. ¿Qué aspectos tengo que tener en cuenta para realizarla bien?
3. ¿Qué trabajo se habrá de hacer una vez terminada y por qué?

Para realizar esta actividad, el profesor o profesora entrega con uno o más días de antelación el guión del trabajo práctico (o de otro tipo de actividad) a uno de los grupos de alumnos para que se prepare para la "entrevista".

Antes de empezar a realizarla (por ejemplo, del traslado al laboratorio), los alumnos del grupo situados en un lugar central de la clase responden a las preguntas del resto de la clase. El profesor/a puede actuar completando las preguntas, si no se hubieran hecho las más importantes, o las respuestas, aclarando dudas, pero reduciendo su papel al máximo (a veces, es mejor hablar previamente con los alumnos del grupo para aclarar sus dudas). En el aula, debe situarse en un lugar no central, como un "entrevistador" más.

La actividad debe durar poco tiempo (15 minutos como máximo), ya que sólo se pretende que elaboren una primera representación del trabajo a realizar. Es el tiempo que habitualmente se pierde cuando se empieza a realizar una práctica y los alumnos han de leer el guión y saber qué han de hacer. Si se considera oportuno, también se puede realizar al final de la clase anterior.

b) Cuando se planifican procesos de enseñanza, será importante plantear actividades orientadas a promover el aprendizaje de todos los aspectos que faciliten que el alumnado construya una buena representación de los aspectos en los que ha de pensar y ha de saber hacer para resolver los problemas y preguntas objeto de estudio (cuadro 7.9).

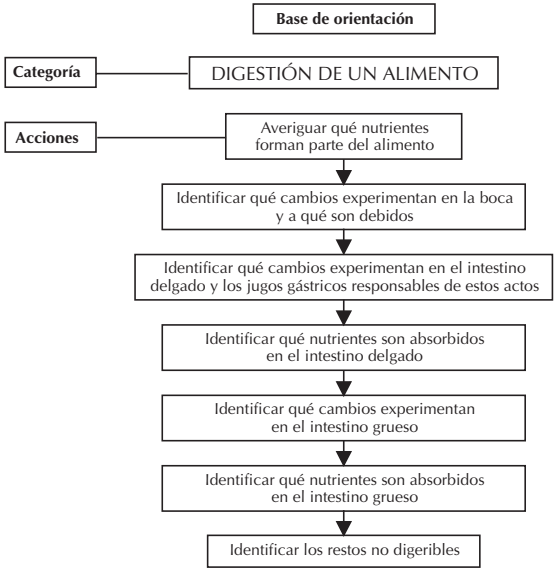
Cuadro 7.9. *Ejemplo de Base de orientación.*

Para elaborar esta Base de orientación, primero los alumnos trabajaron el proceso de digestión a partir del análisis de ejemplos concretos, identificando los cambios en los nutrientes (físicos y químicos) en las distintas partes del tubo digestivo.

Para construirla intentaron responder a preguntas del tipo:

- ¿Cuál es el problema? (categorización).
- ¿En qué he de pensar para poder resolverlo?
  - ¿Por qué partes del tubo digestivo circulan los alimentos?
  - ¿Que agentes producen cambios?
  - ¿Qué tipos de cambios físicos tienen lugar en los nutrientes?
  - ¿Qué tipos de cambios químicos?
  - ¿Se produce absorción de algún nutriente?
- ¿Qué plan de acción podría ser el más idóneo para resolver el problema?

A partir de propuestas individuales, cada grupo elaboró la suya propia. Después de discutidas, la acordada fue la que se reproduce en la figura.



Fuente: Roca, 1999.

El reto del profesorado no es cómo "explicar" un modelo teórico o un procedimiento, sino identificar los principales componentes de dichos contenidos y posibilitar que los alumnos los construyan de forma coherente. Generalmente, las personas expertas tienen el conocimiento muy sintetizado y les es difícil reconocer los componentes más importantes de toda acción. Pero una condición para enseñarlo es identificar subpreguntas sobre aspectos significativos que los alumnos han de aprender a anticipar.

c) Los criterios de evaluación se deben comunicar y compartir con los alumnos. Deben dejar de ser el "secreto más bien guardado" del profesorado para convertirse en algo de lo que se habla y discute, y que se ha de saber aplicar a la valoración del propio trabajo y el de los compañeros y compañeras (véase el cuadro 7.7).

Estos criterios se tendrían que relacionar con los objetivos y con la planificación de la acción hecha, aunque de la discusión puede surgir la necesidad de revisarlos. Aprender es un proceso de cambio constante que nunca se termina.

d) La representación de los objetivos, de los planes de acción y de los criterios de evaluación está mediada por el uso de instrumentos (el lenguaje, el ordenador, esquemas...), y por las interacciones con los demás. Contrastar puntos de vista y negociarlos es fundamental para la autorregulación.

e) En todo proceso de aprendizaje son importantes los momentos en que el individuo reflexiona autónomamente sobre lo que está aprendiendo, sobre cuáles son las ideas de las que ahora puede hablar y aplicar y antes desconocía. Ha de poder reconocer y sentir el placer que representa aprender (cuadro 7.10).

Cuadro 7.10. *Fragmento de un diario de clase.*

¿Qué hemos aprendido hoy?

- Hoy hemos visto que dentro de nuestro cuerpo los alimentos pasan como si fuera un tubo.
- Hemos dibujado la silueta de María sobre un papel y hemos destacado las diferentes partes.
- Luego hemos revisado si el dibujo que habíamos hecho en la clase anterior estaba bien.
- Yo me he dado cuenta que me había olvidado algunas cosas. No sabía ni lo que era el páncreas. Yo me pensaba que la naranjada pasaba del estomágo al riñón y he visto que no, que va por el mismo camino que el pan.
- La clase de hoy ha sido muy divertida. No se me ha hecho nada larga y creo que ahora sé cosas que antes no sabía bien. Pero aún no entiendo bien cómo se forma el pipí.

Parte III

¿Cómo enseñar Ciencias?

8

Organización y secuenciación de las actividades de enseñanza/aprendizaje

Diseñar un dispositivo pedagógico para enseñar Ciencias implica básicamente seleccionar las actividades de enseñanza-aprendizaje (actividades didácticas) que se considera que son las más adecuadas para los objetivos seleccionados y distribuirlas a lo largo del tiempo. Esta selección se relaciona con los contenidos que se quiere que el alumnado construya a partir de la actividad conjunta desarrollada en el marco de un grupo-clase.

Si se pregunta a los profesores expertos cómo preparan sus clases, la mayoría responde que empiezan seleccionando las actividades que creen que son las más relevantes para el aprendizaje de sus alumnos, en función de una estructura que, con pocas variaciones, se repite lección a lección. En esta selección de actividades, tan importante en el diseño curricular, influyen los objetivos de cada enseñante, que dependen más de su propia visión de la ciencia y del aprendizaje que de las orientaciones curriculares prescritas políticamente. Estos objetivos son más implícitos que explícitos y, habitualmente, al profesorado le es más fácil definirlos a partir de las actividades programadas que viceversa.

Actualmente, la forma de organizar el proceso de enseñanza y de distribuir las actividades es objeto de un extenso debate. De hecho, se podría afirmar que se sabe más sobre qué es la ciencia, y sobre cómo la aprenden los estudiantes que sobre cómo enseñarla.

No obstante, se ha comprobado ampliamente que los métodos tradicionales sólo son útiles para enseñar a alumnos capacitados y motivados, y hay también resultados que avalan determinadas hipótesis de cambio que se analizarán en este apartado. Se analizarán, asimismo, los criterios para organizar y seleccionar las actividades de enseñanza que se derivan de dichas hipótesis.

8.1. Formas tradicionales de seleccionar y secuenciar las actividades de enseñanza

> La pedagogía actual se basa en ideas típicas del siglo XIX: "No hay más que mirar para ver", "Basta con acumular hechos para comprender". Añadamos: "No hay más que repetir para aprender" [...]. Ciertamente, el curso típico del profesor es el medio para transmitir el máximo de conocimientos por unidad de tiempo. Pero, entonces, el rendimiento –es decir, la "información intercambiada"– es mínimo, porque no basta con dar una información al alumno para que sea asimilada.
>
> Giordan, A. (1982): *La enseñanza de las Ciencias.* Madrid, Pablo del Río, Siglo XXI: 51.

Tal como señala André Giordan en un libro pionero de la renovación en la enseñanza de las ciencias, actualmente las clases se diseñan fundamentalmente buscando cómo transmitir más conocimientos en menos tiempo, es decir, centradas en la actividad explicativa del que "enseña". Ello sucedía en los años setenta, cuando hacía su tesis doctoral; sucedía también cien años antes y sigue sucediendo en la actualidad.

La actividad "explicar" pocas veces se concibe como tal, ya que el concepto de "actividad" se asocia únicamente a las *de tipo práctico, que implican manipulación, movimiento, etc., y no, por el contrario, a aquellas otras, como las exposiciones del profesor o la lectura de documentos por los estudiantes, en las que éstos tienen un papel más pasivo. Se adopta, pues, la concepción cotidiana del término "actividad", asociado prototípicamente al movimiento, a las acciones sobre los objetos, etc.* (Cañal *et al.,* 1993).

Esta idea es muy importante porque, cuando se diseña un proceso de enseñanza, pocas veces se indica qué hará el profesor o profesora en la mayor parte del tiempo dedicado a "explicar" a los estudiantes. Habitualmente, se planifica y se reflexiona muy poco sobre las preguntas a plantear, los objetos y observaciones que podrían acompañar una explicación, los ejemplos, las analogías..., y mucho menos sobre cuál será la actividad de los alumnos –especialmente la de tipo cognitivo– mientras tiene lugar la explicación. Es más, una actividad experimental, por ejemplo, se reduce a la actividad de manipulación de objetos y no se acostumbra a tener en cuenta cómo se introduce, cómo se relaciona con otros conocimientos, cómo se concluye, etc.

En los *criterios* utilizados en la *selección* de las actividades se constata que se priman cualidades como la motivación del alumnado para llevarla a cabo, su facilidad de aplicación y que "salga bien", especialmente cuando se refieren a actividades prácticas. Así, los futuros profesores escriben:

> La experiencia realizada en el patio (se refiere a mediciones de espacio/tiempo en relación con distintos movimientos realizados por el alumnado fuera del aula) funcionó muy bien, ya que era muy motivadora. En cambio, la que hicimos en el laboratorio relacionada con la caída de una bola sobre una rampa no fue bien, ya que no se obtuvieron buenos resultados (memoria de una estudiante de CAP, 1998).

No se percibe que una experiencia puede ser interesante para discutir por qué unos resultados no son los esperados, ni se analiza la relación entre el tiempo empleado y la utilidad para el aprendizaje, entre otras muchas variables posibles. Una actividad "motivadora" siempre se considera interesante desde el punto de vista didáctico, aunque su significatividad en el proceso de aprendizaje sea discutible.

En relación con la *secuenciación* de las actividades, todos los estudios demuestran que el 90% de los enseñantes aplican una estructura similar basada en la secuencia:

a) Explicación del contenido del libro de texto o lectura del mismo.
b) Preguntas orales para aclarar los aspectos que no se hayan comprendido bien (no siempre).
c) Realización de alguna actividad práctica (no siempre) con la finalidad de "ver" o comprobar lo que se ha explicado.
d) Respuesta a ejercicios o problemas en los que los estudiantes han de aplicar las ideas o procedimientos explicados. Además de los clásicos problemas o preguntas, se puede plantear la realización de mapas conceptuales, esquemas o tareas similares.

La actividad central es la "explicación", que a menudo se utiliza como sinónimo de "enseñar". Cuando se pregunta a estudiantes del CAP qué esperan aprender en el curso, acostumbran a especificar:

> Para mí sería importante llegar a saber cómo explicar los conceptos científicos de forma motivadora para que los estudiantes aprendan más.

Para que el proceso sea más "activo" en el esquema didáctico anterior se introducen algunos cambios, como plantear un conjunto de preguntas, generalmente cerradas, al inicio de la explicación o a lo largo de la misma. Son preguntas a las que el alumnado sólo puede responder con alguna palabra o frase muy corta (cuadro 8.1). También se puede substituir parte de la explicación o del diálogo por la visión de un vídeo.

Cuadro 8.1. *Las preguntas del profesorado.*

¿Puede explicarse la ciencia dialogando?

Podemos preguntarnos sobre el valor del diálogo en la clase de Ciencias. [...]
Gravé ocho clases de colegas y clasifiqué las pregunta en cuatro categorías:

- *Preguntas cerradas,* es decir, las que no admiten más que una sola respuesta sobre un punto preciso: "¿cuántos pétalos?", "¿qué color tienen las cerezas?".

(.../...)

- *Preguntas semi-cerradas:* "¿cómo toma su alimento con sus tentáculos?", "¿dónde pone su seda para construir sus capullos?".
- *Preguntas abiertas* (las que dejan posibilidades de iniciativa, de elección): "¿cómo se podrá estudiar el modo de alimentarse?", "¿qué es una experiencia?".
- *Preguntas estimulantes:* "¿qué propones hacer?", "explica claramente tu opinión?".
- [...].

Las preguntas cerradas o semi-cerradas son predominantes y se suceden según un ritmo y un camino rigurosos. A propósito del vuelo de los pájaros, veamos las preguntas planteadas por el profesor.

La paloma que estáis habituados a ver moverse en los pueblos:

- *¿Cómo se mueve?*
- *¿Corre como los pollos, para escaparse?*
- *¿Vuela bien?*
- *¿Sale rápidamente? ¿Por qué?*
- *¿Cómo vuela?*
- *¿Sus alas cumplen el mismo papel que las de los aviones?*
- *¿Por qué vuela bien?*
- *¿Es pesada? ¿Por qué? ¿Habéis observado las plumas? ¿Y los huesos, los habéis observado?*

El orden de las preguntas traduce implícitamente la lógica del profesor y las nociones sucesivas que intenta que los alumnos descubran. Mediante las preguntas cerradas, el profesor impone su visión de la realidad. Dejar imaginar a los alumnos no tiene importancia. El profesor elige entre la multitud de respuestas aquellas que van en el sentido esperado. En realidad, el profesor hace decir en clase lo que diría él mismo. [...].

¿Qué significa el desarrollo de este método dialogado? Lo mismo que la lección magistral y dogmática, no tiene en cuenta al alumno. Dentro de un diálogo es muy difícil tener en cuenta las representaciones de los alumnos. Éstos van acumulando un conjunto de conocimientos que sólo se basan, a menudo, en palabras y no responden nunca a sus necesidades e intereses. El alumno, condenado a la pasividad, asiste impasible a un espectáculo que no le afecta en absoluto.

Fuente: Giordan, A. (1982): *La enseñanza de las Ciencias.* Madrid. Pablo del Río, Siglo XXI: 46-48.

Los ejercicios finales acostumbran a ser reproductores de lo *explicado.* Muchas veces las respuestas se encuentran en el propio libro de texto o se refieren a ejercicios o problemas de los que el profesorado ha mostrado previamente un modelo o prototipo sobre cómo dar respuesta.

Estos ejercicios se pueden llevar a cabo individualmente o en pequeño grupo, y también se pueden complementar con la realización de murales, aunque no es frecuente en la enseñanza Secundaria.

Otro tipo de orientación en el diseño de las unidades didácticas, aunque en una proporción muy inferior, se fundamenta en la secuencia de actividades siguiente:

a) Selección de un tema objeto de estudio, ya sea propuesto por el profesorado, ya sea escogido por el alumnado. Los temas acostumbran a tener títulos como: "Los delfines", "Los plásticos", "La capa del ozono"...
b) Búsqueda de información en libros (o en Internet) por parte de los estudiantes, complementada con explicaciones del profesorado o de personas expertas.
c) Elaboración de un dossier en el que el alumnado reproduce y sistematiza las informaciones recogidas que le parecen más interesantes.
d) Presentación del dossier escrito al profesor y/o a través de una explicación a los compañeros. Se puede también utilizar programas informáticos (PowerPoint o similares) para la comunicación del trabajo realizado.

A veces esta secuencia se complementa con actividades prácticas o de otro tipo. El trabajo puede ser realizado individualmente o en pequeño grupo. En general, este tipo de secuencia se considera mucho más innovador que el anterior.

Como se puede constatar, en estas metodologías se supone implícitamente que, si se pone en contacto al alumno con el conocimiento científico en su versión adaptada, sea a través de la explicación del profesor, sea mediante la lectura de libros, el alumno será capaz de comprender e incorporar dicha versión del conocimiento tal cual. Luego sólo deberá "estudiar" para no olvidarla.

Aunque se pueda ser crítico con el libro de texto, ésta es la principal fuente bibliográfica consultada al diseñar clases, tanto para preparar la explicación como para seleccionar los ejercicios y problemas a proponer a los estudiantes. Sólo para la selección de actividades prácticas se acostumbra a buscar otras fuentes de información.

El argumento más utilizado para justificar el tipo y distribución de actividades es el poco tiempo de que se dispone para la enseñanza de cada tema del "programa". Pocas veces se analiza en profundidad la posible rentabilidad del sistema de enseñanza aplicado, tanto en relación con la calidad de los resultados intelectuales como de los emocionales. Se considera que si los estudiantes no aprenden es porque no estudian, y que si no están motivados es porque no tienen un ambiente familiar que promueva el esfuerzo personal y el interés por aprender.

Como veremos, la innovación en el campo de los diseños didácticos para enseñar Ciencias implica revisar a fondo cuáles son los protagonistas de las actividades, y pasar de una enseñanza centrada en el profesorado a otra centrada en los que aprenden. En el cuadro 8.2 se reflejan los comentarios de dos futuras profesoras sobre su aprendizaje. Una de ellas habla del cambio de perspectiva que representó pensar en los estudiantes. La otra continúa hablando sólo de su actividad.

Cuadro 8.2. *Comparación de las reflexiones de dos futuras profesoras.*

¿Qué he aprendido?

"El principal aprendizaje que he realizado en este curso ha sido *tener más presente al alumno en todo el proceso que comporta su propia educación*. Yo tenía la idea de que enseñar consistía en plantear una unidad bien diseñada, con contenidos bien estructurados y bien explicados, y con actividades motivadoras y 'útiles'. Todo centrado alrededor de mi persona como profesora y sin darme cuenta de que el destinatario –el alumno– era a quien tenía menos en cuenta al tomar las decisiones.

He aprendido que el alumno es el eje alrededor del cual realmente gira todo el proceso. Que se ha de dar respuestas a la diversidad de necesidades y que una sola forma de hacer sólo sirve para un tipo de alumnos. Y que todo lo que haces y dices –las cosas aparentemente menos relacionadas con la idea que tenía de enseñar– tiene una influencia muy importante en el aprendizaje de cada alumno individualmente."

G. C.

"He aprendido sobre todo a preparar clases innovadoras. He descubierto instrumentos que no conocía –mapas conceptuales, V de Gowin, formas de conocer las preconcepciones de los alumnos...–, prácticas de laboratorio interesantes y formas de plantear el trabajo experimental distintas de las que conocía. Al preparar el tema, me ha obligado a repasar contenidos y me he dado cuenta de que mis conocimientos no eran tan buenos como yo imaginaba. He tenido que estudiar mucho.

Ha sido una experiencia muy interesante dar clases, estar delante de un grupo de alumnos explicándoles las ideas, inventar formas de decirlas que se entendieran más, diseñar prácticas y ejercicios motivadores, etc. Creo que me gustará ser profesora."

S. G.

- *Discutir: ¿Cuál de las dos reflexiones se valora como más interesante? ¿Por qué?*

Fuente: Extracto de memorias de final de curso de alumnas de CAP, 1997.

Conseguir que la diversidad de estudiantes que hay actualmente en las aulas aprendan Ciencias significativamente es un problema al que los métodos tradicionales no dan respuesta. Es necesario plantear y aplicar nuevos marcos teóricos que proporcionen ideas y prácticas que respondan a las nuevas necesidades. La investigación en el campo de la Didáctica de las Ciencias aún ha dado pocas respuestas, pero se han abierto vías en las que se profundizará en los siguientes apartados.

8.2. ¿Qué se entiende por actividad didáctica?

Las actividades didácticas son un conjunto de acciones planificadas por el profesorado que tienen como finalidad promover el aprendizaje de los alumnos en relación con determinados contenidos.

A través de ellas se favorece la comunicación entre tres polos: el del saber, el del que enseña y el del que aprende (figura 8.1). Las actividades son las que concretan las intenciones educativas.

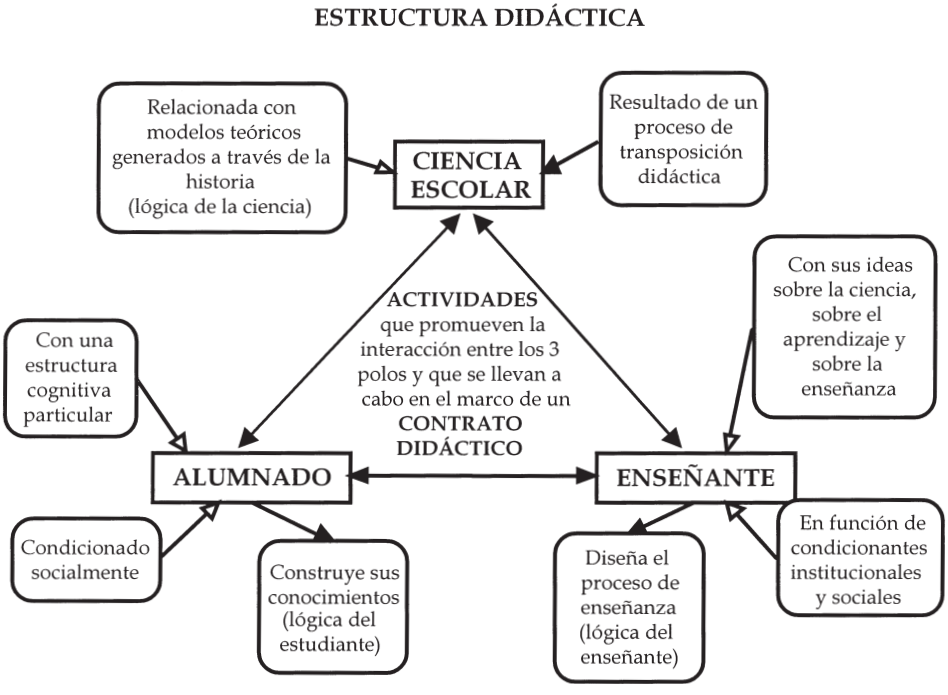


Figura 8.1. Polos de la acción didáctica.

¿Qué es lo que caracteriza a una actividad didáctica? Se puede destacar:

- A través de las actividades, el conocimiento se transforma en *conocimiento para ser aprendido*, no sólo los conceptos y procedimientos de la ciencia, sino también las actitudes, sentimientos, creencias y todo tipo de valores asociados.
- Por medio de ellas, profesores y alumnos *interactúan* con la finalidad de que los segundos se apropien de dicho conocimiento. Para que sean útiles para aprender deben promover esta interacción, es decir, que el pensamiento y la acción de unos influya en los de los otros y viceversa.
- Promueven el desarrollo de mecanismos que configuran el *contrato didáctico* que se establece en cada grupo-clase y que condicionan aquello que se puede o no se puede pensar o hacer. Habitualmente, este contrato didáctico es implí-

cito. Por ejemplo, nadie ha dicho que un problema deba incluir todos los datos necesarios para resolverlo y nada más, pero profesores y alumnos actúan como si ello fuera una "regla del juego" fijada.

- Reflejan las *finalidades educativas* del enseñante, todo aquello que se valora como importante tanto sobre qué es esencial enseñar como sobre cómo es mejor enseñarlo. Estas finalidades están siempre presentes en el planteamiento de las actividades, aunque no siempre se sea consciente de ello.
- A través de ellas, el profesorado *negocia y concierta* con los alumnos, más o menos implícitamente, lo que es importante aprender y las normas de trabajo para conseguir dicho aprendizaje. Con ello se posibilita en buena parte que el alumnado tome decisiones en relación a qué ideas le conviene seleccionar, ignorar, revisar o memorizar, qué características ha de tener su trabajo para realizarlo con éxito, etc.
- Se *organizan y distribuyen en el espacio y en el tiempo* según una estructura que concreta el modelo de enseñanza de cada profesor. Esta estructura condiciona fuertemente la finalidad didáctica con la que se aplica, entre las muchas posibles. Se podría afirmar que las actividades no son "buenas" o "malas" en sí mismas, sino que su calidad depende en buena parte del objetivo que le otorgue el profesor (o los mismos estudiantes) en su aplicación.

Como decía Rosalind Driver, no se puede transmitir conocimientos como si fuesen porciones. Lo único que se puede hacer es crear actividades para que los estudiantes actúen y puedan aprender en función de su situación personal, por lo que es difícil fijar objetivos de aprendizaje comunes a todos los alumnos. En cambio, sí que se pueden definir las finalidades otorgadas a cada una de las actividades que se puedan diseñar, o mejor, al conjunto de actividades.

Una actividad didáctica sólo tiene sentido si consigue provocar la actividad mental del alumnado. A veces un trabajo práctico es poco relevante para el aprendizaje de las Ciencias porque no provoca que los que aprenden se planteen interrogantes, ni posibles explicaciones sobre el fenómeno observado. En cambio, una explicación magistral puede ser muy *activa* si consigue que los que la escuchan establezcan relaciones o se cuestionen puntos de vista.

La actividad de aprender Ciencias se ha de correlacionar con la actividad científica, de forma que el trabajo en el aula sea una *actividad científica escolar.* En ella son importantes:

- Las *metas* y los *objetivos,* relacionados con los hechos que se quieren interpretar, y las preguntas que se formulen. En la ciencia y en el aula están condicionados por el sistema de valores de los que llevan a cabo la actividad y de las posibilidades del contexto.

Para los alumnos, el motivo puede reducirse a aprobar, pero su transformación en objetivos de actividad científica escolar depende en buena parte de la capacidad del profesorado para estimular y convencer. Su función es ayudar a transformar los hechos que suceden en el entorno *en hechos científicos escolares*, es decir, en algo sobre lo que nos podemos plantear preguntas y que se ha de conseguir interpretar en el aula.

- El "método" o *conjunto de acciones* que deben hacer posible alcanzar la meta y dar una respuesta –provisional– a las preguntas planteadas.

  En el aula, el método o métodos no tienen por qué reducirse sólo al experimental hipotético-deductivo, ya que en muchos casos los alumnos lo desconocen, al igual que los instrumentos a utilizar. Serán también importantes las acciones orientadas a representar las ideas, utilizando todos los lenguajes posibles, a intercambiar puntos de vista, en fin, todo aquello que pueda favorecer la construcción del conocimiento científico escolar.
- Los *modelos* o *representaciones* que se van construyendo y expresando a través de distintos lenguajes.

  En las clases de Ciencias las representaciones con las que se trabaja han de ser creíbles y útiles. Es decir, han de servir a los alumnos para explicar los hechos analizados, para dar respuesta a sus preguntas. Serán modelos de ciencia escolar, correlacionados con los científicos, pero no necesariamente coincidentes. También podrán convivir con representaciones *cotidianas*, aunque se aprenderá a diferenciar progresivamente entre unas y otras y entre los respectivos contextos de aplicación.
- Los *sistemas de regulación,* tanto de los objetivos, como de los métodos y de las representaciones, para posibilitar una mayor coherencia entre los hechos y los modelos interpretativos.

  Construir un conocimiento científico escolar útil implica identificar y superar obstáculos, errores, inconsistencias..., es decir, tomar conciencia y adoptar decisiones. La regulación de la actividad científica escolar se fundamenta en la interacción entre los miembros del grupo que aprende. Se verbalizan las metas, las formas de actuar y las representaciones, se contrastan, se negocian y se llega a pactos, siempre provisionales.

Las "actividades" concretas que se pueden aplicar en las clases de Ciencias pueden ser de tipologías muy distintas (véanse los capítulos 9 y 10) y es importante que todo diseño pedagógico recoja esta diversidad, ya que así se favorece que cada estudiante pueda desarrollar sus capacidades en función de su estilo cognitivo y de su motivación. Si siempre se promueve la realización del mismo tipo de actividades, sólo se benefician los que se adaptan mejor a ellas, mientras que otros no tienen posibilidades de encontrar vías más afines a sus características para aprender.

Pero no es una actividad concreta la que posibilita aprender, sino el proceso diseñado, es decir, el conjunto de actividades organizadas y secuenciadas, que posibilitan un flujo de interacciones con y entre el alumnado y entre el alumnado y el profesorado. Por ello, la actividad no tiene la función de promover un determinado conocimiento, como si éste se pudiera transmitir en porciones, sino de plantear situaciones propicias para que los estudiantes actúen (a nivel manipulador y de pensamiento), y sus ideas evolucionen en función de su situación personal (puntos de partida, actitudes, estilos, etc.).

Desde este punto de vista, las actividades se diferencian no sólo por los contenidos que introducen, sino sobre todo por sus finalidades didácticas, es decir, por la función que el enseñante cree que puede tener en relación con el proceso de enseñanza diseñado. Este proceso es la hipótesis que formula el profesor o profesora sobre cuál puede ser el mejor itinerario para sus alumnos con el objetivo de que aprendan, teniendo en cuenta tanto los contenidos a introducir como las características y diversidad de su alumnado, así como otras muchas variables como, por ejemplo, el tiempo y material disponible.

Por ejemplo, una misma actividad experimental puede tener objetivos didácticos muy diferenciados. Puede ser útil para explorar ideas del alumnado y motivarlos, para promover que identifiquen nuevas variables y/o relaciones, o para aplicar conocimientos introducidos anteriormente. En cada caso, aunque el experimento sea básicamente el mismo, variaría la forma de plantearlo, cómo presentarlo a los alumnos y alumnas, la discusión acerca de las observaciones realizadas, el tipo de conclusiones esperadas, etc.

La selección y secuenciación de las actividades depende, pues, del modelo o enfoque que cada profesor tiene acerca de cómo aprenden mejor sus alumnos. Así, desde el punto de vista de un modelo transmisor de enseñanza, la explicación del profesor, la lectura del libro de texto y las experiencias de tipo demostrativo se consideran básicas.

En cambio, desde modelos constructivistas serán fundamentales las actividades que favorezcan la expresión de las ideas, el contraste de éstas entre el alumnado y con la observación experimental, el establecimiento de nuevas interrelaciones, la toma de conciencia de los cambios en los puntos de vista, etc., es decir, aquellas que tiendan a promover que el alumnado autoevalúe y regule sus formas de pensar y actuar.

No existen, sin embargo, un solo modelo constructivista ni recetas que aseguren unos buenos resultados de una determinada acción didáctica. Las variables que dan lugar a un aprendizaje son tantas que es imposible controlarlas todas. Por ello, es tan importante que el profesorado base su formación en el análisis de los criterios y valores que le llevan a tomar decisiones, más que en el entrenamiento para la aplicación de actividades predeterminadas.

8.3. El diseño de los procesos de enseñanza

La profesión de enseñar se concreta en el diseño de *unidades didácticas* (U. D.) orientadas al aprendizaje de unos contenidos por parte de alumnos, que forman parte de un determinado contexto y tienen unas características específicas. Habitualmente, una U. D. está formada por *secuencias,* cada una de las cuales tiene unos objetivos de aprendizaje específicos. Una secuencia puede estar formada por un conjunto de "lecciones" o sesiones de clase y éstas, a su vez, por un conjunto de actividades, aunque generalmente hay alguna actividad central alrededor de la cual se planifican las demás.

En coherencia con los conocimientos actuales de Epistemología de la Ciencia y de su aprendizaje, es importante diseñar la enseñanza como un proceso a través del cual unos modelos iniciales puedan evolucionar hacia otros modelos planteados desde el referente de la ciencia actual. Esto implica generalmente:

a) Afrontar el estudio de algún *problema relevante socialmente* y que posibilite analizarlo desde un *modelo científico importante*. Hay poco tiempo para la enseñanza y es necesario seleccionar cuidadosamente las situaciones de partida y los preguntas objeto de estudio. A partir de ellas, los estudiantes irán evolucionando sus modelos iniciales.
b) Promover que los estudiantes identifiquen formas de ver y de conceptualizar el fenómeno o fenómenos desde la ciencia y reconozcan nuevas variables, relaciones, analogías, formas de hablar, etc. Todo ello favoreciendo la conciencia de las diferencias entre las nuevas concepciones y las propias del "sentido común", para favorecer la autorregulación (figura 8.2).
c) Valorar la diversidad de formas de pensar y de evolucionar que se dan en el aula como un factor de riqueza colectiva. No todos los alumnos aprenden lo mismo y al mismo ritmo, pero todos pueden evolucionar y compartir con los demás sus dificultades, sus dudas y sus nuevas ideas. La interacción y corregulación entre iguales es tan importante como la interacción profesor-alumno.

Es casi imposible que la mayoría de alumnos pueda aprender un determinado modelo científico sólo a través de una U. D. La escuela debe plantearse globalmente la necesidad de programar un currículo en *espiral,* es decir, de retomar a lo largo de los cursos los conceptos o modelos-clave, realizando aproximaciones sucesivas cada vez más complejas y abstractas. En las diferentes etapas pueden ser consideradas como representaciones válidas no "correctas" científicamente pero que suponen una evolución de las ideas iniciales (véase el cuadro 8.3).

En una U. D. los pequeños cambios en las ideas expresadas son importantes siempre que tengan sentido para el alumno y expliquen más observaciones y mejor. En

cambio, cuando sólo se repiten conceptos que no se entienden ni se saben aplicar a situaciones algo distintas de las trabajadas en clase, el tiempo de enseñanza dedicado se puede considerar un tiempo perdido.

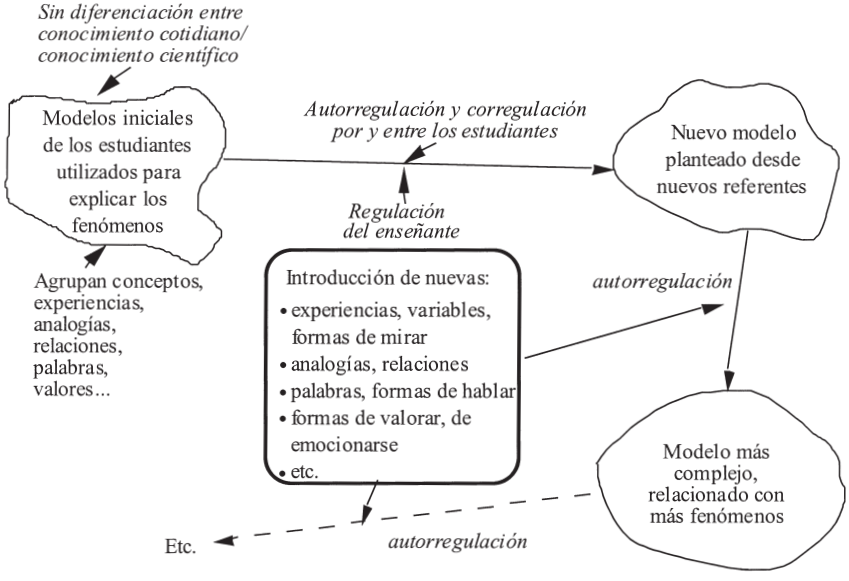


Figura 8.2. Evolución de los aprendizajes científicos.

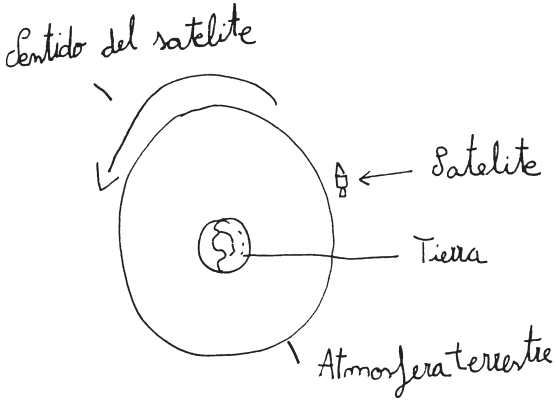
Cuadro 8.3. *Hay aprendizaje si los modelos evolucionan.*

¿Por qué no caen hacia el espacio los habitantes de los países situados en las antípodas?

En un estudio realizado sobre la evolución de las ideas del alumnado de 12-13 años sobre el concepto de fuerza de gravedad se comprobó que, inicialmente, los alumnos explicaban diversos fenómenos, como el referido a la pregunta inicial, la caída de los objetos hacia la superficie de la Tierra o el movimiento de los satélites artificiales, utilizando una variedad de concepciones como, por ejemplo, que la atmósfera ejerce una presión sobre las personas que les impide caer al espacio o sobre los objetos, provocando su caída, que la rotación de la Tierra es la que causa de que los objetos "vayan" hacia ella, o que en el espacio hay órbitas o "vías" por las que circulan los satélites.

Un ejemplo de representación inicial de un alumno fue:

(.../...)



Después de realizar diversas actividades orientadas a revisar estas concepciones, en la evaluación final se comprobó que la mayoría de estas concepciones desaparecieron y nadie aceptaba la idea de la atmósfera o de la rotación de la Tierra como causa de la fuerza gravitatoria. Pero, en cambio, se manifestaron explicaciones basadas en la teoría del *impetus* inalteradas o, mejor dicho, limpias de otras formulaciones.

La explicación final del alumno anterior fue:

> Los satélites necesitan ser enviados al espacio por medio de cohetes, para vencer la fuerza de atracción de la Tierra (la gravedad). Una vez en el espacio, la fuerza que les han dado los cohetes les mantiene dando vueltas porque no hay rozamiento. Pero poco a poco se irá gastando y al final caerán sobre la Tierra si no se ponen en funcionamiento sus motores.

La profesora y el investigador valoraron como positiva esta evolución y evaluaron bien al alumno, a pesar de que buena parte de sus explicaciones no era "correctas" desde el punto de vista de la mecánica newtoniana. Se acordó con los estudiantes que sus ideas eran provisionales y que en otros cursos las deberían continuar reelaborando.

Fuente: Sanmartí, N. y Casadellá, J. (1987): "Semejanza y diferencias entre las concepciones infantiles y la evolución histórica de las Ciencias". *Enseñanza de las Ciencias,* 5, 53-58.

Las metodologías de enseñanza coherentes con los conocimientos actuales en el campo de la Didáctica de las Ciencias deben favorecer el proceso de regulación y de autorregulación de las ideas y prácticas del alumnado. Las nuevas informaciones y las nuevas experiencias se han de poder discutir, contrastar y revisar en el marco de las actividades didácticas planteadas por el profesorado.

Pero para que esta regulación pueda producirse deben darse ciertas condiciones. Por ejemplo:

- Aquello que se trabaja en el aula debe tener sentido para el estudiante, ha de conectar con sus conocimientos previos, con sus intereses, con su "lógica". Ello implica que no hay que empezar la U. D. dando a conocer el saber organizado y abstracto, porque tendrá poca incidencia en el aprendizaje de la mayoría de estudiantes.

  El nivel de complejidad y de abstracción de las ideas introducidas se debe aumentar paulatinamente a lo largo de la U. D.
- El conocimiento escolar no se puede asimilar a una simplificación del saber de los expertos. Más bien debe concebirse como una reelaboración. Ello conlleva que los enseñantes, conjuntamente con los estudiantes, elaboran un nuevo conocimiento, el que se construye en el aula, y que las actividades son creadas para promover esta construcción.
- En consecuencia, la tarea del profesor no consiste en encontrar la forma sencilla de decir o hacer aquello que han dicho o hecho los expertos, sino en planificar las actividades que promuevan la construcción por parte de los alumnos de un saber válido en el contexto escolar, que dé sentido a los interrogantes que se puedan plantear.
- El paso a la abstracción requiere tiempo y momentos sucesivos de regulación. Los profesores y los mismos estudiantes reconocen cuándo se han *perdido,* es decir, cuándo ya no les es posible participar de la construcción colectiva del conocimiento que tiene lugar en el aula. Es absurdo planificar las U. D. de forma que, ya en el primer día de clase, algunos alumnos o alumnas no puedan participar.

  La actividad del grupo-clase debe promover que, al menos en una buena parte del tiempo de trabajo, el progreso en el conocimiento sea colectivo, sin que ello implique que no haya aprendizajes diferenciados.
- Es de prever, dada la diversidad de un grupo-clase, que no todos los estudiantes llegarán a los mismos niveles de abstracción pero, en cambio, debe conseguirse que todos (o la mayoría) lleguen a construir su propio sistema de resolución del problema objeto de aprendizaje, es decir, aprendan algo.
- Conviene tener presente que el *tiempo de enseñanza* no coincide necesariamente con el *tiempo de aprendizaje*. La construcción del conocimiento requiere períodos de tiempo largos, en los que se van acumulando informaciones y se revisan los puntos de vista. Pero los momentos de reestructuración en los que se produce el *clik* son pocos. Estos momentos se pueden dar en el estudio de temas o asignaturas distintas a la que ha sido objeto de aprendizaje, y en años sucesivos. Por esta razón, es imprescindible concebir la enseñanza como una tarea colectiva que se lleva a cabo en un centro educativo y en el que intervienen distintos profesionales a lo largo de varios años (cuadro 8.4).

Cuadro 8.4. *El tiempo de enseñanza no coincide con el de aprendizaje.*

En 1988 se pudo realizar en Brasil una investigación en la que se comprobó que unos estudiantes mejoraron sus conocimientos sobre velocidad angular a pesar de no haber participado en ninguna actividad escolar durante 25 semanas debido a una larga huelga que se desarrolló en su país.

Previamente, estos estudiantes (15/16 años) habían participado de un proceso *constructivista* de enseñanza basado en:

- Observación y análisis de situaciones cotidianas en las que los alumnos explicitaron sus concepciones iniciales en relación al concepto (coches que giran alrededor de círculos concéntricos y dan el mismo número de vueltas en el mismo tiempo, poleas de distinto diámetro...). Toma de conciencia colectiva de la diversidad de opiniones en el aula.
- Lección magistral del profesor en la que introdujo los puntos de vista de la ciencia actual relacionándolos con su evolución a lo largo de la historia de la ciencia y evidenciando puntos de contacto entre ideas expresadas por los alumnos e ideas históricas.
- Realización de observaciones-experimentos y de problemas orientados a analizar los fenómenos desde los nuevos puntos de vista y a aplicarlos.

La investigación realizada permitió comparar los conocimientos de los alumnos antes del proceso de enseñanza (*pre-test*), al final (*post-test*) y al reinicio de las clases después de la huelga (*post-post test*). A diferencia de otras investigaciones que comparan las respuestas a estos tres tipos de pruebas y en las que se constata que en el tercer test los alumnos dan resultados peores que en el segundo, en esta investigación fueron aun mejores.

De ello se infiere que la metodología utilizada posibilitó el aprendizaje o evolución de las ideas de los alumnos en el contexto no escolar. Éstos habrían aprendido a cuestionar sus ideas y a aplicar los nuevos referentes a situaciones cotidianas que vivieron en ese período de tiempo. El mayor uso de las nuevas ideas habría posibilitado su interiorización.

Fuente: Anna M. Pessoa, 1990.

¿Qué clase o clases de dispositivos didácticos facilitan que cada alumno o alumna pueda avanzar en su proceso de aprendizaje, desde sus condicionantes previos y en el conjunto de un grupo diverso?

Cualquier diseño pedagógico concreto es tan sólo una hipótesis de trabajo que el profesorado debe ir regulando en función de lo que sucede en el aula. No hay reglas o recetas generalizables para cada situación y, es más, cuando unos métodos y actividades se repiten de la misma forma continuamente, se transforman en rutinas que dejan de ser útiles para su finalidad.

Lo que es importante es el marco teórico de referencia que condiciona la génesis de las U. D. planificadas. Actualmente, como veremos en el apartado 8.4, desde el marco teórico constructivista se trabaja con propuestas en las que las actividades se secuencian considerando distintas fases en el proceso de construcción de los nuevos conocimientos, con objetivos didácticos específicos. Pero la aplicación *mecanicista* de los modelos propuestos tampoco garantiza buenos resultados para todos los

alumnos, ya que es necesario transformar las concepciones que hay detrás de una determinada práctica.

A veces se piensa que el conocimiento de nuevos instrumentos, actividades o estrategias de enseñanza garantiza por sí mismo unos resultados mejores, pero comprenderlos en profundidad y, sobre todo, llevarlos a la práctica coherentemente no es algo simple. No es fácil, pues, evaluar la calidad de una determinada metodología de enseñanza ya que:

- Cada diseño de una U. D. es reinterpretado por la persona que lo aplica en función de sus propias ideas sobre la ciencia, el aprendizaje y la enseñanza. Está comprobado que, ante una nueva propuesta curricular, el profesorado continúa aplicando los marcos teóricos anteriores, a los que adapta en el mejor de los casos los nuevos planteamientos. Cuando a veces se dice que una determinada metodología se ha demostrado que no es útil (por ejemplo, muchas de las críticas que se hacen al constructivismo didáctico), en realidad se está hablando de la interpretación que de ella hacen algunos profesores.
- Los cambios en los modelos y en la práctica del profesorado son muy lentos, ya que no es fácil cambiar las concepciones muy interiorizadas, ni las rutinas.
- En el resultado de la aplicación de un proceso didáctico influyen muchos más más factores que el metodológico, tanto los relacionados con la personalidad y valores del enseñante y de cada estudiante, como los contextuales: características del centro escolar, del equipo de enseñantes, del grupo-clase, de la interacción profesor-alumnado, etc. Por ello, es prácticamente imposible poder afirmar a qué variable se debe el posible éxito o fracaso de una metodología.
- La construcción de los conocimientos científicos requiere tiempo y no es el resultado de la realización de una actividad, ni de un mes de clases, ni de un curso. Han de cambiar los profesores, pero también los alumnos. Y es difícil encontrar centros en los que todo el profesorado participe de un mismo modelo de enseñanza, por lo que es casi imposible evaluar la aplicación a lo largo de distintos cursos de una determinada metodología de enseñanza.

Conviene aquí recuperar la afirmación de Joshua y Dupin (1993), reproducida en el primer capítulo, que hace referencia al hecho de que la Didáctica de las Ciencias no es una disciplina que pueda prescribir cómo enseñar, sino más bien que, al menos en la situación actual de los conocimientos, sólo puede pronunciarse sobre lo que *no* debería suceder en el aula. Por ello, cualquier propuesta de modelo de enseñanza debe ser valorada como un marco orientador a partir del cual cada profesor o profesora, en función de cada situación concreta de enseñanza, la reelabora y reinventa.

8.4. Criterios para la organización y secuenciación de las actividades

Lo que da sentido a las actividades, lo que las convierte potencialmente en útiles para aprender, es su organización y secuenciación a lo largo de un proceso diseñado especialmente para promover el aprendizaje del alumnado. Los modelos didácticos para la enseñanza de las Ciencias denominados *constructivistas* aparecieron en los años setenta, antes incluso de que se empezara a investigar sobre las concepciones alternativas del alumnado. Por ejemplo, el proyecto pionero *Science Curriculum Improvement Study (SCIS)* planteado por Robert Karplus en 1971 propuso, a partir de planteamientos basados en la corriente psicológica piagetiana, secuenciar las actividades a lo largo de lo que llamó *ciclo de aprendizaje*.

Este científico de la Universidad de Berkeley, en California, dividió las actividades en tres tipologías *(exploración, invención y descubrimiento),* que se aplicaban en distintos momentos del proceso de enseñanza de un determinado concepto, y que se repetían cíclicamente cada vez que se introducía una nueva idea o concepto a aprender. La finalidad era y es provocar la *desequilibración* del alumnado en el estadio de exploración, promover el uso de nuevas estructuras de conocimiento en el estadio de invención y reequilibrar en el último estadio.

A lo largo de los últimos años se han propuesto muchas variaciones sobre esta propuesta inicial, orientadas principalmente a incorporar otros puntos de vista sobre el aprendizaje y sobre la Epistemología de la Ciencia (por ejemplo, los relacionados con una visión más social de la construcción del conocimiento), pero la estructura básica no es muy distinta. Son enfoques diseñados a menudo desde una perspectiva de *cambio conceptual* en los que se considera que se ha de partir de las ideas iniciales de los estudiantes para provocar, a través de las actividades de enseñanza orientadas a ponerlas en conflicto, su reestructuración o cambio.

Paralelamente, existían y existen modelos didácticos basados en la *investigación* del alumno, que consisten en aproximar las actividades a realizar en el aula a las que se consideran más características de la actividad científica: las relacionadas con el *"método científico".* Estos modelos proponen que la secuencia de actividades promueva que los estudiantes, ante un problema objeto de estudio, planteen hipótesis, diseñen y realicen experimentos, y deduzcan conclusiones.

La forma de concebir la actividad investigadora del alumnado también ha evolucionado con los años. De planteamientos muy centrados en el *descubrimiento* de las ideas de la ciencia, en los que se suponía que la "lógica" del alumnado era paralela a la de la ciencia, se ha pasado a diseños mucho más *constructivistas,* en el sentido de que tienen muy en cuenta que el alumnado parte de concepciones alternativas que condicionan sus hipótesis, y que el proceso de redescubrimiento no es tan racional, ni lineal.

Actualmente, dentro del abanico de metodologías constructivistas, los dos enfoques no son ni mucho menos antagónicos y cada vez más confluyen en uno solo que

hace hincapié en la *modelización* de los fenómenos. Este nuevo planteamiento considera la enseñanza como el conjunto de acciones que promueve el profesorado para favorecer el proceso de modelización que realizan alumnos y alumnas con la finalidad de "dar sentido" a los hechos del mundo, un sentido que ha de tender a ser coherente con el conocimiento científico actual.

Desde este punto de vista, hacer ciencia (y, en la escuela, hacer ciencia escolar) es llevar adelante una actividad en la cual la modelización, la experimentación y la discusión se entrecruzan para una reconstrucción de los fenómenos. A partir del estudio de situaciones transformadas en problemas para los alumnos, éstos expresan sus ideas y el profesorado les ayuda a ponerlas en juego, promoviendo la discusión sobre aspectos que a su juicio son relevantes en relación con el modelo o teoría científica de referencia.

En esta perspectiva metodológica, el acento no se pone en "cambio conceptual", ni en la aplicación del "método científico", sino en la explicitación, a través de distintos lenguajes, de modelos explicativos por parte del alumnado que sean coherentes con los hechos observados, y que evolucionen a partir de la génesis de nuevas experiencias y del intercambio de puntos de vista entre los miembros del grupo-clase. El enseñante tiene una función primordial en la selección de los aspectos a discutir entre los manifestados, y en la ayuda a la toma de conciencia y jerarquización de las ideas relevantes que se van construyendo.

En todos estos modelos didácticos, la secuenciación de actividades para el aprendizaje de un concepto o modelo difiere mucho de los tradicionales, y tienen en común que su selección se fundamenta en favorecer una actividad científica del alumnado orientada a la construcción de las ideas y coherente con la actividad científica. Se puede diferenciar entre:

a) Actividades llamadas de iniciación, exploración, de explicitación o de planteamiento de problemas, hipótesis o representaciones iniciales...
b) Actividades orientadas a promover la evolución de los modelos iniciales, de introducción de nuevas variables, de identificación de otras formas de observar y de explicar, de reformulación de los problemas...
c) Actividades de síntesis, de elaboración de conclusiones, de estructuración del conocimiento...
d) Actividades de aplicación, de transferencia a otros contextos, de generalización... (que a su vez pueden transformarse en nuevas actividades de exploración).

A) Actividades de exploración iniciales

Son actividades que tienen como objetivo tanto facilitar que los estudiantes se planteen el problema a estudiar como que expliciten sus representaciones. A través de ellas

empiezan a percibir los objetivos de aprendizaje. Han de ser actividades que promuevan el planteamiento de preguntas o problemas de investigación significativos desde la ciencia, y la comunicación de los distintos puntos de vista o hipótesis. Son idóneas las relacionadas con la realización de observaciones o experimentos abiertos en el aula y/o la respuesta a situaciones problemáticas relativas a un fenómeno observado cotidianamente o conocido a través de la televisión, los vídeos u otras fuentes indirectas (véase cuadro 8.5).

Cuadro 8.5. *Ejemplos de actividades de exploración inicial.*

1. Un personaje ficticio plantea su punto de vista en relación con un fenómeno o pregunta e invita a los estudiantes a manifestar su opinión. Por ejemplo, un sabio griego envía a través del tiempo una carta en la que explica sus ideas acerca de la forma de la Tierra y pregunta si 2.000 años después se piensa de otra forma y por qué.

   La ventaja de introducir personajes de fuera de la clase que manifiesten ideas alternativas es que éstas no se personalizan en ningún miembro del grupo-clase. Si, además, responden a ideas históricas aún mejor, ya que ponen de manifiesto que la ciencia evoluciona.
2. Se pide a los alumnos que observen una noche estrellada y se planteen preguntas cuya respuesta quisieran conocer. Luego en clase se recogen, se clasifican y se analiza su posible interés desde la ciencia.
3. El profesor o profesora realiza, ante todos los alumnos, un conjunto de experimentos relacionados con cambios químicos más o menos espectaculares (cambios de color, producción de gases, combustiones espontáneas...). Se discute sobre si saben cómo la ciencia explica estos fenómenos "mágicos". Queda planteado como reto que al final del tema serán capaces de explicarlos científicamente.
4. Plantear un problema, mejor si la solución no és única: ¿Se ha de repoblar un bosque después de un incendio? ¿Qué hacer con las plagas de procesionaria? ¿Se debe permitir la caza de jabalíes?... Analizar los distintos puntos de vista iniciales y decidir un plan de acción para abordarlos.
5. Proponer preguntas contextualizadas (véase el apartado 11.3), comparar los puntos de vista, para al final dejar planteado el problema que va a ser objeto de estudio.

Estas situaciones se deberían caracterizar por ser concretas y, en lo posible, simples y cercanas a las vivencias e intereses del alumnado. Pero también tendrían que ser socialmente relevantes, porque no se puede olvidar que la finalidad principal de la enseñanza de las Ciencias para todos los estudiantes es capacitarlos para identificar y comprender los problemas de su entorno, y para actuar coherentemente.

Tienen la función de *epítome,* es decir, han de posibilitar que los estudiantes se hagan una representación inicial, pero global, de lo que van a aprender, de sus ideas de partida y de sus dudas e hipótesis. Como se ha indicado (véase el apartado 7.3.1) es fundamental que se tome conciencia de los objetivos, del porqué y del para qué se van a realizar las distintas tareas en relación con el aprendizaje de un tema, ya que en caso contrario los alumnos y alumnas las llevarán a cabo mecánicamente, porque las propone el profesorado, pero sin integrarlas en su propio proceso de construcción de los nuevos modelos.

A través de este tipo de actividades se han de poder comunicar los distintos puntos de vista posibles, cuanto más diversos y globales mejor. Las ideas se expresan oralmente, por escrito y/o a través de dibujos, para que todo el grupo-clase, profesor y alumnado, las pueda conocer y compartir. Es importante que los estudiantes perciban que sus ideas son acogidas y valoradas positivamente, y que reconozcan que entre ellos hay diversidad de puntos de vista, de explicaciones, de interpretaciones, de intereses, de maneras de formular el problema, etc., todos ellos dignos de ser tenidos en cuenta. No tiene sentido distinguir entre buenas y malas representaciones, sino en plantearlas como hipótesis de trabajo para empezar a pensar y a experimentar en relación con ellas.

Algunos profesores consideran que este tipo de actividades son una pérdida de tiempo, ya que las ideas iniciales de los alumnos ya las conocen. Generalmente, no tiene en cuenta que su finalidad es que sean los propios alumnos los que tomen conciencia de ellas. Y que, aunque las ideas son generales, cada grupo-clase puede tener unas características específicas.

B) Actividades de introducción de nuevos puntos de vista para la modelización

Este tipo de actividades está orientado a favorecer que el estudiante pueda construir las ideas, coherentes con las aceptadas actualmente por la ciencia, que le han de permitir explicar la situación inicial y otras que se puedan ir planteando a lo largo de la U. D. Estas ideas configuran *modelos de ciencia escolar,* con poder explicativo y predictivo de un conjunto de fenómenos, que irán evolucionando a lo largo de la escolaridad.

Su finalidad es que los estudiantes reconozcan formas de mirar, de razonar, de sentir y de hablar acerca de los fenómenos objeto de estudio distintas de las iniciales, ya sea identificando variables que no se habían considerado importantes y descartando otras, ya sea estableciendo analogías y relaciones con otros hechos o conocimientos conocidos e incorporando nuevas formas de expresar las ideas. Poco a poco se habrán de ir identificando los atributos que permiten definir los modelos y las relaciones entre los distintos conceptos.

Estas actividades pueden ser muy variadas, en función tanto del tipo de contenido a enseñar como de los conocimientos anteriores del alumnado. Muchas veces puede ser de interés privilegiar ideas que ya han salido inicialmente en el grupo-clase, retomándolas para que los estudiantes las reelaboren. Por ejemplo, se pueden seleccionar verbalizaciones o dibujos de la actividad de exploración para discutir y profundizar sobre ellos. También se pueden plantear nuevas observaciones (directas o a través de vídeos u otros medios) y experimentos para poner a prueba los modelos iniciales, dar a conocer ideas históricas o escritos actuales sobre el tema (que pueden encontrarse en libros de texto u otros) y que faciliten el establecimiento de nuevas

relaciones, o promover el uso de maquetas o llevar a cabo simulaciones que favorezcan la abstracción (cuadro 8.6).

En este tipo de actividades se debe promover la triangulación entre el *análisis de hechos,* la *imaginación de unas explicaciones* y su *expresión a través de diversos lenguajes*. Las iniciales deberían ser más concretas, manipulativas y simples para, progresivamente, aumentar el nivel de abstracción y de complejidad. También se debe tener en cuenta la dificultad de los obstáculos a superar por el alumnado, ya que hay ideas menos *intuitivas* que otras. Implícita o explícitamente, el profesorado ha de diseñar el proceso didáctico en función de una hipótesis de progresión que posibilite que en cada etapa el mayor número de estudiantes posible pueda participar en la construcción del modelo. Si el paso a la abstracción es muy rápido, muchos alumnos quedarán excluidos de este proceso. En la figura 9.2 se muestra un ejemplo de un proceso de enseñanza orientado a construir un modelo fundamentado en la óptica geométrica para interpetrar fenómenos luminosos, que se inicia por tareas muy manipulativas y va aumentando poco a poco el grado de abstracción y formalización.

Cuadro 8.6. *Negociación de significados*.

Extracto de una conversación en el aula

A.– El movimiento de las placas se justifica cuando hay un terremoto. Entonces estas placas chocan y se restriegan entre ellas sin curvarse... No sé...

P.– Alguien que no esté de acuerdo con lo que ha dicho Cristian... Di.

A.– Que no es que haya terremotos y choquen por eso, sino que los terremotos son porque chocan las placas.

P.– Es decir, es una consecuencia ¿no? Un terremoto es la consecuencia de que haya un choque entre las placas. Pero aún falta explicar por qué se produce este movimiento de las placas. (Dirigiéndose al primer alumno.) No quiere decir que lo que hayas dicho sea horroroso: tu has pensado y has trabajado; esto ya es importante. Ahora se trata de ver, como decía Laura, lo que llega del grupo y las ideas de otros más... más adecuadas. Marc...

A.– Yo he puesto que las placas que forman la litosfera se mueven porque flotan por encima de un manto más plástico... que se mueve como lo vimos en la experiencia con el permanganato... por corrientes de convección.

P.– Esto es muy importante. Este manto plástico es la astenosfera, y Marc dice que es el motivo por el cual las placas se mueven. ¿Alguien ha puesto otras ideas que expliquen el porqué de forma diferente a como lo ha dicho Marc?

A.– Yo he puesto dos... ejemplos.

P.– ¿Ejemplos de qué tipos? Lee lo que has escrito.

A.– Vale. Que las placas se han movido siempre: al principio todo era un continente y a causa del movimiento de las placas, ahora son cinco. Y los terremotos son causados por el choque de las placas.

[...].

Fuente: Jorba, J. *et al.,* 1999.

Las actividades han de favorecer, además, la interacción entre los componentes del grupo-clase, una interacción de tipo cooperativo que responda al objetivo de construir entre todos y todas el mejor modelo explicativo posible. Se han de poder contrastar los puntos de vista sin miedo y reflexionar –individual y colectivamente– acerca de la consistencia de las hipótesis, las percepciones, las actitudes, las formas de razonamiento, etc.

La objeción habitual es que este proceso puede ser muy lento. Sin embargo, si el modelo a construir es importante, el tiempo a invertir en su aprendizaje ha de ser el necesario, ya que, si se va demasiado rápido, es tiempo perdido, aunque sea poco. Es el eterno dilema entre un trabajo superficial y rápido, que se ha demostrado en múltiples ocasiones que no tiene futuro, y un trabajo lento y en profundidad, de resultados no siempre inmediatos, pero eficaz a largo plazo.

Es importante diferenciar entre este tipo de diseño didáctico y los que podrían clasificarse como de descubrimiento. En los diseños orientados a la modelización, la actividad del profesorado en la selección de las experiencias, en las preguntas que plantea, en los puntos de vista que privilegia para profundizar en ellos, en las analogías que propone, etc., es fundamental y necesita tener un conocimiento muy adecuado del contenido científico y de los obstáculos de su aprendizaje. Toda esta actividad está orientada a que los alumnos y alumnas construyan modelos de ciencia escolar coherentes con los de la ciencia, de la forma más significativa posible, teniendo también en cuenta que el tiempo de enseñanza es limitado.

Este proceso de modelización tampoco se fundamenta en promover el llamado *conflicto cognitivo,* aunque puede incluirlo. Como ya se ha indicado, lo que para un científico puede ser claramente fuente de conflicto no lo es tanto para el que aprende, que puede integrar fácilmente puntos de vista contradictorios. En cambio, es importante que el proceso de construcción de las nuevas ideas sea el resultado de una *adhesión* progresiva y colectiva, realizada en el marco de un grupo, mucho mejor si es el grupo-clase.

C) Actividades de síntesis

En todo este proceso de aprendizaje son fundamentales las actividades de síntesis, de recapitulación o estructuración. En la clase se pueden expresar muchas ideas y es posible hacer un sinfín de observaciones, pero de vez en cuando es necesario reflexionar sobre lo que se está aprendiendo y sobre las nuevas ideas incorporadas, relacionándolas entre sí.

Su finalidad es que los alumnos y alumnas tomen conciencia del modelo construido hasta ese momento y de cómo expresarlo de la forma más abstracta posible. La actividad ya no se relaciona con la explicación de un determinado fenómeno, sino con la explicación del modelo utilizado para explicarlo. Podríamos asimilar esta fase del aprendizaje a la que lleva a cabo un científico cuando se pone a escribir un artículo para una revista o prepara una comunicación para un congreso sobre el trabajo que está llevando a cabo.

Si no se promueve este tipo de actividades, se puede caer en un *activismo* sin una *interiorización* de lo hecho y de lo hablado. El alumno ha de ser capaz de *hablarse a sí mismo,* de decirse que está aprendiendo. Mientras que la identificación de nuevas formas de ver y de hablar sobre los fenómenos está guiada en buena parte por el profesor y es consecuencia de la interacción con los compañeros, la síntesis o el ajuste es personal y lo ha de hacer cada estudiante. Ha de ser capaz de reconocer el modelo por él construido y de comunicarlo utilizando instrumentos formales propios de la disciplina científica correspondiente.

Tienen esta finalidad actividades como los diarios de clase, los mapas conceptuales, los escritos resumen sobre qué se ha aprendido (véase el cuadro 8.7), la recapitulación de los atributos del modelo, elaborar bases de orientación que expliciten qué se debería hacer (o pensar) para dar respuesta a preguntas o problemas del tipo de los planteados inicialmente, redactar definiciones propias de los nuevos conceptos, etc. Se pueden expresar mediante textos escritos, dibujos, esquemas, modelos matemáticos, y será importante favorecer su contraste utilizando técnicas como el mural, telemáticas –"chats"...–, exposiciones orales a otros grupos-clase o a familiares, artículos para la revista escolar, etc. Con ello se facilita su revisión y mejora, al igual que sucede con los borradores de artículos o los debates alrededor de ponencias. No hay que olvidar que cualquier síntesis es forzosamente provisional, a mejorar no sólo en esta etapa del proceso de modelización, sino en sucesivas.

Cuadro 8.7. *Ejemplo de actividad de síntesis.*

¿Qué he aprendido?

Cada alumno escribe un texto para responder a esta pregunta en su casa. Posteriormente, en el aula, comparan en pequeño grupo lo que han escrito y elaboran uno texto nuevo a partir de las ideas de todos. Éste es el que el profesor revisa.

Ejemplo de un texto elaborado por un grupo de alumnos de 2.º de ESO:

> Hemos aprendido que para explicar las propiedades de las sustancias tenemos que pensar en las partículas que las forman. Las cosas que debemos pensar son:
>
> - Cómo están ordenadas las partículas, si están desordenadas u ordenada, y, si lo están, cómo lo están. Por ejemplo, en el vidrio están desordenadas y en la sal ordenadas.
> - También la distancia entre ellas. Cuando son sólidos están mas cerca y, cuando son gases, más lejos.
> - También, en si están unidas muy fuertemente o no. Hemos visto que las partículas de agua están más unidas que las de yodo y, por eso, el yodo se evapora muy rápidamente.
> - La última cosa es pensar en si se mueven mucho o no. Cuanto más alta es la temperatura, más se mueven. En los gases se mueven mucho y en los sólidos no tanto.
>
> Hemos hecho experimentos y hemos aprendido a justificar. Hemos justificado por qué el azufre tiene formas distintas, por qué el agua disuelve al azúcar, por qué se hincha un globo al calentar un matraz, y la del yodo.

Es importante que cada estudiante encuentre su propia forma de expresar sus conocimientos. En consecuencia, no sirven las definiciones dadas por el profesor, ni los esquemas o definiciones que se pueden encontrar en libros de texto, ni los que en clase se han escrito en la pizarra o los de un compañero, ni los mapas conceptuales hechos, sino que es necesario una elaboración personal que se pueda mejorar a partir de la interacción con el enseñante, con las de los otros compañeros y compañeras o con lo escrito en el libro de texto u otros materiales didácticos. La diversidad de formas de sintetizar un mismo aprendizaje, y la confrontación entre ellas, son los aspectos que posibilitan avanzar en este proceso largo y complicado que es aprender.

No se puede esperar que todos los alumnos y alumnas de un grupo-clase sean capaces de elaborar un modelo y de sintetizarlo con el mismo grado de abstracción y de complejidad, ya que si sus puntos de partida eran diversos también serán distintos los niveles de aprendizaje (véanse las figuras 12.9 y 12.10). Pero hay ajustes válidos aunque sean parciales, y si no se llegan a explicitar, muchas veces no se transforman en aprendizajes. Cualquier paso dado, por pequeño que sea, es importante y la principal tarea del profesorado es promover que cada estudiante comunique su propio modelo, valorando sus aproximaciones y sus aciertos, y animándole a la autocrítica y la autorregulación.

Como consecuencia de lo dicho, no tiene demasiado sentido empezar una lección dando definiciones, planteando esquemas-resumen o leyendo el libro de texto con la finalidad de que el alumno memorice su contenido y lo repita lo más fielmente posible.

Las síntesis elaboradas por personas expertas (ya sea por el profesorado o bien por otros profesionales) pueden ser referentes con las que comparar los propios textos y útiles en esta fase del aprendizaje. Sin embargo, utilizadas al inicio, sólo pueden ser comprendidas por los estudiantes cuyo nivel de partida sea cercano al de la persona experta.

D) Actividades de aplicación y generalización

Uno de los problemas más importantes que el profesor tiene que afrontar en su tarea es el hecho de que los estudiantes no transfieren fácilmente los aprendizajes, construidos a partir de manipulaciones y experiencias de ejemplos concretos, a otros núcleos de experiencias con los que están relacionados, pero cuya relación no perciben. Para ellos, cada nueva situación es un nuevo aprendizaje.

Por ello, es importante que en todo diseño didáctico se planteen actividades orientadas a ampliar el campo de situaciones y fenómenos que se pueden explicar

con el modelo construido inicialmente para, al mismo tiempo, favorecer su evolución. A los estudiantes les cuesta reconocer que se puedan explicar situaciones distintas –como, por ejemplo, el peso de los cuerpos, el movimiento de caída de una manzana de un árbol o el de los planetas alrededor del Sol– con el mismo modelo.

Pueden ser actividades en las que los estudiantes se planteen nuevos problemas o pequeños proyectos o investigaciones en los que aplicar el modelo construido. A menudo, al realizar este tipo de actividades pueden reconocerse aspectos que no acaban de encajar, y plantearse nuevas preguntas e interrogantes a partir de las cuales iniciar un nuevo proceso de aprendizaje orientado a la evolución del modelo de partida. Pero, en otras, a través de dichas actividades se adquiere fundamentalmente seguridad en el uso del modelo, favoreciendo el establecimiento de relaciones entre unas situaciones analizadas inicialmente y otras distintas (cuadro 8.8).

Cuadro 8.8. *Ejemplo de actividad de aplicación.*

Las células sanguíneas: interpretar un análisis de sangre

En esta clase vamos a actuar como médicos que trabajan en equipo.

Cada equipo tendrá que estudiar el análisis de sangre que se ha hecho a dos pacientes y elaborar un diagnóstico. Este diagnóstico lo deberéis argumentar ante el resto de equipos para tomar todos juntos una decisión final sobre el estado de salud de los pacientes.

Como información complementaria, disponéis del intervalo de valores para cada componente, dentro del cual se puede considerar que una persona no tiene ningún problema. La columna de la izquierda indica entre qué valores tiene que estar la cantidad por microlitro de cada componente. Un microlitro es muy poca cantidad, menos que una gota.

Un ejemplo: Observad el análisis del paciente Astérix: los resultados nos indican que tiene 50.000 plaquetas por microlitro. Leer cuáles son los márgenes normales y deducir si está dentro del intervalo que se consideraría como "normal". Si este paciente tiene un déficit de plaquetas, pensar en posibles causas y en los posibles problemas que puede tener una persona en estas condiciones: ¿tendrá problemas con la coagulación sanguínea? ¿Podría sufrir hemofilia?...

Atención, queridos médicos, hoy nos han llegado muchos análisis de sangre, por lo que tenemos mucho trabajo. Formad equipos de tres o cuatro médicos para trabajar. Pensad que sólo tenéis unos quince minutos para hacer el diagnóstico de dos pacientes. Preparad también cómo explicareis vuestro informe, y entre todos se tomará la decisión final.

(El guión se complementa con datos de diferentes pacientes con nombre de personajes conocidos que se reparten entre los grupos.)

Fuente: Nathalie Joustra (2000): *Guía Praxis de Ciencias de la Naturaleza.*

Muchas veces se confunde este tipo de actividades con los tradicionales problemas o ejercicios, en los que se busca más la mecanización que dar oportunidades reales para usar y aplicar las nuevas ideas a la interpretación de fenómenos diversos y más complejos que los iniciales. Pero que un alumno sepa repetir algo no quiere decir que lo haya aprendido. Sólo cuando sea capaz de aplicar el nuevo conocimiento a situaciones distintas de las discutidas colectivamente en clase se podrá decir que el aprendizaje es significativo.

En este tipo de actividades es también muy importante tener en cuenta la diversidad de los alumnos y alumnas. Sabiendo que habrán llegado a síntesis distintas, no se puede pensar que todos sepan aplicar el modelo construido a las mismas situaciones. Por ello, es importante diversificar este tipo de actividades, adaptando su complejidad a las características e intereses del alumnado.

En el esquema de la figura 8.3 se sitúan los distintos tipos de actividades según su finalidad didáctica.

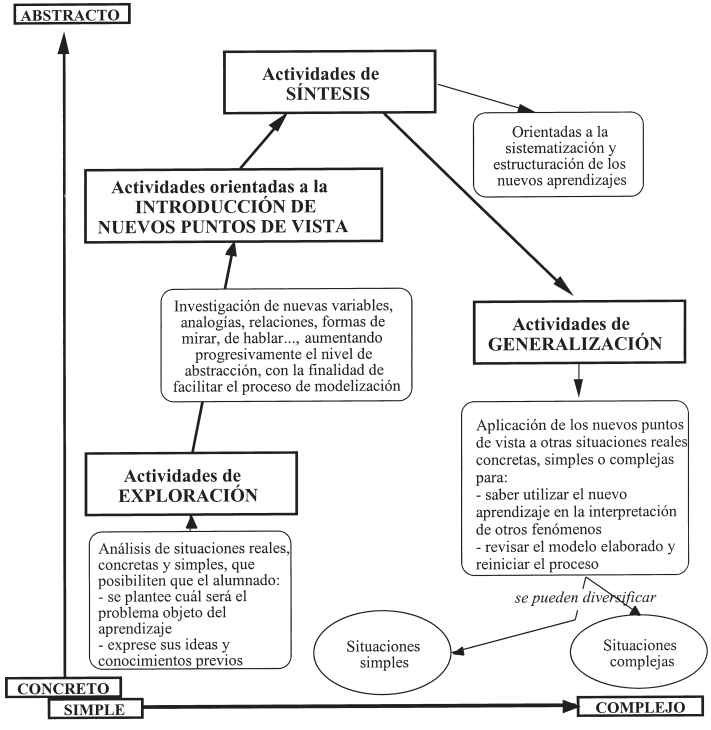


Figura 8.3. Tipos de actividades según su finalidad didáctica.

En algunos casos, una sola actividad puede tener varias de las funciones señaladas, aunque casi siempre se pueden diferenciar momentos que se relacionan con cada una de ellas. Por ejemplo, al realizar una actividad experimental, primero se puede plantear que los estudiantes discutan sobre la pregunta a investigar y sobre sus ideas iniciales o hipótesis de partida. A continuación, pueden realizar una investigación más sistemática, recoger datos, dibujar o expresar verbalmente sus interpretaciones, comparar los trabajos de los distintos grupos, etc. Posteriormente, pueden resumir lo qué han aprendido y finalizar con el planteamiento de un nuevo problema relacionado con la experiencia realizada pero distinta (que muchas veces puede ser un trabajo a realizar en casa).

De todas formas, raramente se puede realizar esta actividad completa en una sola hora de clase, especialmente si se quiere que realmente sea útil para que la mayoría de los alumnos puedan expresar sus ideas y regularlas. El tiempo dedicado en conjunto puede ser muy variado, pero ha de ser el suficiente para que todo lo que se vaya haciendo en el aula adquiera sentido.

Una U. D. puede estar formada por subconjuntos de estos tipos de actividades o *secuencias*. En cada una de ellas se revisa el modelo construido al relacionarlo con nuevas situaciones. Es lo que se llama un currículo en *espiral,* en el que se relaciona el componente cíclico y el componente de progresión en el nivel de complejidad del proceso de aprendizaje (figura 8.4).

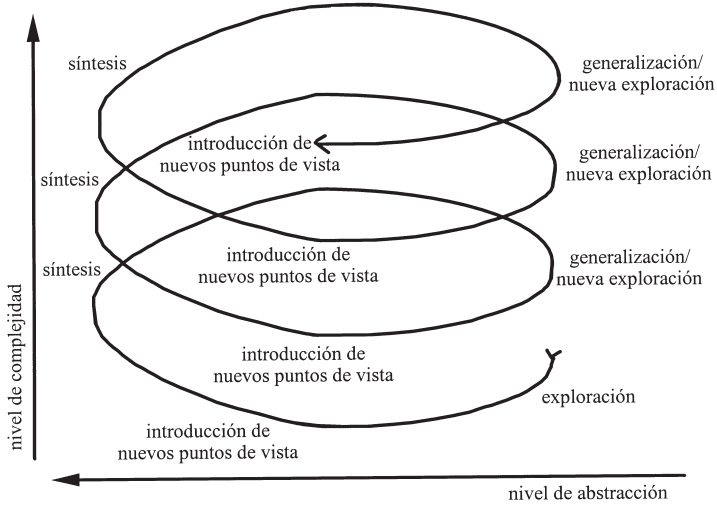


Figura 8.4. Secuenciación de las actividades en espiral.

El final de una U. D. es provisional y, a su vez, el inicio de un nuevo proceso, en el que se habrán de recoger modelos construidos anteriormente. Por ejemplo, si la nueva unidad se plantea para el estudio de la nutrición, deberá tenerse en cuenta el modelo de cambio químico y/o de energía que se hayan podido representar los alumnos anteriormente. O viceversa, si la planificación del currículo prevista plantea un orden de enseñanza inverso.

Al ayudar a los alumnos a establecer interrelaciones entre los contenidos que van aprendiendo, promoviendo que reconozcan la utilidad de los modelos que construyen, es cuando el tiempo de enseñanza se hace rentable. Una información se puede encontrar en cualquier parte, pero el problema es reconocer su sentido, y sólo lo tiene en relación al modelo interpretativo construido.

8.5. La planificación del trabajo en el aula

"Preparar las clases" es la expresión utilizada por el profesorado para concretar qué se va hacer en el aula, cómo, por qué y cuándo. Este proceso de concreción es personal y cada persona tiene sus propios procedimientos. En general, los enseñantes "novatos" concretan por escrito su planificación, mientras que los "experimentados" tienden a planificar mentalmente, a no ser que exija su especificación la dirección o la coordinación del Departamento de su centro, o los servicios de inspección. En estos casos, la planificación es más teórica que real.

Anticipar y planificar la actuación es una tarea muy importante. El esfuerzo de concretar los objetivos y las actividades y su distribución en el tiempo, así como el de anticipar tanto las dificultades de los estudiantes como posibles medios para regularlas y prever los materiales y recursos necesarios para llevar a cabo las actividades, todo ello posibilita un mejor aprovechamiento del tiempo de enseñanza disponible, el contraste entre el profesorado del Departamento y su mejora progresiva.

Una buena planificación no está en contradicción con la capacidad de improvisar que han de poder ejercer los profesores. Tanto al inicio de una clase como a lo largo de la misma, se van recogiendo datos sobre si dicha planificación se adecua a las necesidades y posibilidades del grupo-clase, y se han de poder tomar decisiones de cambio sobre la marcha. Factores como el tiempo climatológico, la actividad realizada en la anterior sesión de clase, un acontecimiento sucedido en el entorno de la escuela o de alguno de los alumnos, el propio estado de ánimo del profesor o profesora, dificultades de comprensión de las ideas no previstas u otros, pueden comportar que se tengan que cambiar muchas de las actuaciones preparadas. Pero una buena planificación, en la que los objetivos de aprendizaje estén bien delimitados, favorece este cambio, ya que los caminos para promover el desarrollo de las capacidades del alumnado pueden ser muy variados.

Las formas de explicitar el plan de acción personal pueden ser muy diversas. En los cuadros 8.9 y 8.10 se muestran dos ejemplos, en los que se observa que ni coinciden necesariamente los apartados que incluyen. Lo importante es que sean útiles tanto para la persona que planifica como para el conjunto del Departamento, ya que es el medio para poner en común las distintas prácticas y coordinarlas.

Cada profesor tiene estilos y cualidades diferentes. Incluso en países en los que la planificación de las clases está muy dirigida sería difícil encontrar dos clases iguales. Un buen equipo de profesores no se caracteriza tanto porque todos tengan estilos similares de actuación en el aula como porque sean capaces de reconocer las cualidades de cada uno y de complementarse.

La planificación realizada es, además, el referente que posibilita la reflexión sobre sus resultados y facilita su mejora en próximos cursos, especialmente si se anotan también las prácticas valoradas como idóneas y las que convendría revisar. Su realización se puede complementar o sustituir por la redacción de un diario. En él se explicita lo que se ha hecho en cada clase y las reflexiones personales sobre lo sucedido. Los diarios son más informales que las planificaciones clásicas, pero tienen la ventaja de promover la metarreflexión. En el cuadro 8.11 se reproduce una página de un diario de una profesora.

En la planificación de las clases se pueden destacar muchos componentes. En este apartado profundizaremos en:

- La concreción de los objetivos de enseñanza.
- La distribución del tiempo.

A) La concreción de los objetivos de enseñanza

Uno de los aspectos comunes a la mayoría de programaciones se refiere a la concreción de los *objetivos* del profesorado al planificar la U. D. Generalmente se considera una tarea burocrática, pero no hay duda de que ponen de manifiesto los valores de cada enseñante y guían la selección de contenidos y actividades o, al menos, favorecen la reflexión sobre su idoneidad. Por ello es tan importante explicitarlos y ponerlos en común en el marco tanto de un Departamento como del nivel educativo para, respetando las diferencias, complementarse. Por ejemplo, es posible que un profesor o profesora considere muy importante la educación ambiental, por lo que posiblemente dedicará más tiempo a la enseñanza de unos contenidos acordes con sus objetivos que a otros. En cambio, si valora la importancia de la investigación en la construcción del conocimiento científico, entonces seleccionará más actividades orientadas a que el alumnado aprenda a investigar. También se puede valorar de forma distinta el trabajo individual o en grupo. Todos estos objetivos son importantes y es necesario potenciar y aprovechar

Cuadro 8.9. *Ejemplo de planificación del trabajo en el aula I.*

Unidad Didáctica: ..... Curso: .... Fechas .....

Contenidos	*Objetivos*	*Actividades*	*Tiempo*	*Evaluación/ revisión*	*Objetivos didácticos*	*A preparar/ recordar*	*Observaciones*
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Cuadro 8.10. *Ejemplo de planificación del trabajo en el aula II.*

Objetivos	*Dificultades previstas*	*Para motivar*	*A observar/ experimentar*	*Lecturas*	*Otros recursos*	*Planificación de las actividades*	*Tiempo*	*Evaluación/ revisión*
.....	.....	.....	.....	.....	.....		.....	.....

Cuadro 8.11. *Diario de clase de una estudiante para ser profesora.*

Semana 2-6/3/1998

Planificación

Quisiera que los alumnos se dieran cuenta de que en un cambio químico los elementos que forman las sustancias iniciales y finales son los mismos, y empezar a plantear que la masa no cambia. He pensado trabajar la idea a partir de la descomposición del azúcar, ya que seguramente lo han "quemado" alguna vez.

Prestar atención al problema de que no acostumbran a tener en cuenta los gases.

No olvidar organizar los grupos de laboratorio y que todo quede limpio.

Trabajar también con otros ejemplos. Mejor que los pongan ellos.

También empezaré a plantearles cómo se escriben las reacciones químicas. Llevar los modelos para que trabajen primero con ellos. Es mejor no ir deprisa.

Cómo ha funcionado

Al principio costó que se centraran. Pero la discusión inicial fue interesante, ya que salieron todas las preconcepciones previstas.

Conseguí que observaran bien que al calentar el azúcar se desprendía un gas (excepto los del grupo de Juan, que no se concentraron).

Comentamos las observaciones y en casa escribieron individualmente su interpretación. En la clase siguiente se coevaluaron. Funcionó bien.

Luego pusieron muchos ejemplos de cambios químicos y fuimos discutiendo qué sustancias eran las iniciales y las finales, y qué elementos las formaban (también pusieron el ejemplo de la formación de la mayonesa y fue difícil que pudieran deducir que no era un cambio químico).

Les convenció mucho que si aprendían el lenguaje químico tendrían que escribir mucho menos (creo que también tenían la sensación de estar aprendiendo algo nuevo, desconocido). Pero hay bastantes que aún no saben reconocer la diferencia entre un número como subíndice o como indicador del número de "unidades" de sustancia. Tendremos que seguir insistiendo en ello.

los intereses y cualidades de cada uno de los miembros de un equipo de profesores para favorecer el desarrollo del mayor número de capacidades posible en el alumnado.

La explicitación de los objetivos posibilita valorar el grado de coherencia entre lo que se piensa, lo que se dice y lo que realmente se lleva a la práctica, tanto individual como colectivamente. Por tanto, es necesario intentar concretar dichas ideas-matriz y discutirlas con los otros profesores para que el proyecto curricular del área sea lo más válido posible en función de las necesidades de los estudiantes.

Los objetivos de una U. D. deberían ser pocos y básicos, y estar en consonancia con el tiempo previsto de enseñanza. Las grandes listas de objetivos no sirven para nada, ya que ni priorizan, ni se pueden cumplir. Favorecer el desarrollo de la capacidad del alumnado para explicar, hacer o valorar no es algo que se pueda conseguir con

poco tiempo. Muchas veces, especialmente en relación con los contenidos de tipo procedimental y actitudinal, se acostumbra a citar muchos objetivos que de hecho no se pretende enseñar, sino que se considera que ya son conocidos por los estudiantes. Por ejemplo, muchas veces se escribe que un objetivo es que el alumnado "sea capaz de leer gráficos", cuando no se diseña ninguna actividad con tal finalidad y, en cambio, sí se incluye alguna en la que los alumnos deben aplicar dicho conocimiento (y, por ello, se supone que ya lo han aprendido). Enseñar a leer gráficos científicos requiere dedicar bastantes horas de clase y es importante concretar en qué momento de la escolaridad se introduce por primera vez su conocimiento y cuándo y en qué aspectos se va aumentado el grado de complejidad en su uso y comprensión.

A partir de los estudios sobre las concepciones alternativas del alumnado, cada vez más se considera que los objetivos que orientan el diseño de una U. D. para la enseñanza de las Ciencias deberían basarse en concretar las dificultades y obstáculos que se pretende ayudar a superar. Por ejemplo, el objetivo de una unidad no sería tanto "desarrollar la capacidad del alumnado para utilizar el modelo cinético-molecular de la materia para explicar fenómenos" como "desarrollar su capacidad para pasar de formas *macroscópicas* de explicación de la materia a formas *microscópicas*". Algunos profesores prefieren distinguir entre objetivos de aprendizaje y *objetivos didácticos*. Estos últimos especifican la finalidad de las actividades y, en muchos casos, se refieren a los obstáculos que se proponen abordar y/o a su función en el proceso de aprendizaje, ya sea de planteamiento del problema, síntesis u otra.

Para la redacción de los objetivos es interesante la propuesta reproducida en el cuadro 8.12. En ella se incide en la necesidad de formularlos desde el punto de vista del estudiante como un desarrollo de sus capacidades y de especificar claramente el contexto de aplicación de los nuevos conocimientos.

Aunque se hayan fijado unos objetivos inicialmente, de hecho éstos van cambiando a lo largo de la U. D. Una clase es un proceso dinámico en el que interaccionan personas con conocimientos e intereses muy diversos, por lo que lo que se pretende hacer y lo que se hace están en constante evolución. Al inicio del aprendizaje de un tema y de una clase el profesorado tiene unos objetivos y, en cambio, los alumnos perciben otros distintos. Unos y otros van evolucionando y se puede afirmar que se ha aprendido cuando los objetivos de unos y otros llegan a coincidir, es decir, se comparten (véase el apartado 7.3.1).

Este hecho conlleva que aquello que se evalúa al final del proceso de enseñanza no tiene que ser totalmente coherente con los objetivos planificados inicialmente, aunque sean un buen referente. Muchas veces se evalúan contenidos distintos de los planificados y es en dicha actividad donde realmente se concretan los objetivos. Por ejemplo, se puede decir que se pretende desarrollar la capacidad de los estudiantes para explicar el *funcionamiento* del cuerpo humano *interrelacionando* los distintos órganos, pero si en la actividad utilizada para evaluar los aprendizajes sólo se les pide

que recuerden nombres de partes de los órganos o que describan el funcionamiento de algún aparato, el objetivo percibido (y evaluado) por los alumnos es sólo aprender a *nombrar* y *describir*. En cambio, si se plantean preguntas del tipo "¿Para qué le sirve a la mano el cerebro?", se podría afirmar que hay coherencia entre lo que se pretendía enseñar y lo que se evalúa.

Cuadro 8.12. *Ejemplo de redacción de objetivos.*

• Formularlo desde el punto de vista del estudiante.	"Al finalizar la unidad didáctica, *el estudiante tendría que..."*
• Plantearlo como un desarrollo de sus capacidades (es difícil poder anticipar cuál será el final del proceso, pero sí que se puede plantear como objetivo desarrollar capacidades).	"Al finalizar la unidad didáctica, el estudiante tendría que *haber desarrollado la capacidad de..."*
• Especificar la acción que se pretende que los estudiantes apliquen (a través de un verbo de acción no genérico como podrían ser los de "saber" o "comprender").	"Al finalizar la unidad didáctica, el estudiante tendría que haber desarrollado la capacidad de *aplicar, comparar, poner en duda, revisar, identificar, explicar, deducir, analizar, planificar, justificar, etc."*
• Especificar el contenido a construir o el obstáculo que se pretende que los alumnos superen.	"Al finalizar la unidad didáctica, el estudiante tendría que haber desarrollado la capacidad de aplicar *la visión cinético-molecular de la materia, el principio de la degradación de la energía, construir gráficos proporcionales..."*
• Especificar el contexto en el cual los estudiantes deberían demostrar sus aprendizajes, ya que el contexto permite delimitar el objetivo e identificar su finalidad.	"Al finalizar la unidad didáctica, el estudiante tendría que haber desarrollado la capacidad de aplicar la visión cinético-molecular de la materia *a la interpretación de fenómenos macroscópicos como, por ejemplo, la dilatación."*

Fuente: Allal, Linda (1991): *Vers una pratique de l'évaluation formative*. De Boek-Wesmael, Bruselas.

B) La distribución del tiempo

En todo tipo de grupos-clase, pero muy especialmente en clases con alumnos de Secundaria Obligatoria que tienen una gran variedad de intereses, estilos motivacionales, aptitudes y hábitos, es muy importante planificar la actividad docente teniendo en cuenta una adecuada relación tiempo-tipo de actividad. Por ejemplo, en gene-

ral no se puede pensar en realizar exposiciones orales muy largas, ni dedicar toda la hora a revisar ejercicios o problemas teóricamente hechos en casa.

Habitualmente, para el profesorado una hora de clase es un tiempo muy corto, pero al alumnado se le puede hacer muy larga. Cuando se observan clases grabadas en vídeo, se puede comprobar fácilmente que la percepción del tiempo es muy distinta desde los dos puntos de vista, debido a que, muchas veces, la actividad del que enseña es mucho mayor que la de los que aprenden.

En la distribución del tiempo de una clase hay algunos aspectos que conviene tener en cuenta:

- Al inicio se debe resituar el tema objeto de estudio. y responder a preguntas del tipo: ¿Qué hemos hecho y/o aprendido hasta ahora? Esta recapitulación la puede hacer el profesor, pero también un alumno o alumna que ya sepa con anterioridad que ésa es su tarea, o bien colectivamente.

  Al mismo tiempo se debe plantear *qué* se va a hacer en esa clase y, muy especialmente *por qué* y *para qué*, enlazando lo nuevo con lo conocido. Como se ha indicado, sin una representación de las finalidades de las actividades a realizar es difícil que sean útiles para aprender.

  El tiempo dedicado a ello puede ser corto, unos 5-10 minutos, pero es fundamental. La forma utilizada para comunicar ha de ser motivadora, de forma que despierte el interés por saber. Es fundamental que el alumnado perciba que va a aprender algo y que ese algo vale la pena.
- Habitualmente, cada clase tiene una actividad central que han de llevar a cabo los alumnos, generalmente en pequeños grupos o por parejas, y cuya duración puede ser de 20-30 minutos. A veces, la realización de experimentos exige tiempos más largos, pero incluso en estos casos se ha de procurar que el tiempo dedicado a la manipulación no sea muy extenso.

  Esta actividad debe introducirse muy bien, para que los estudiantes sepan qué han de hacer, qué se espera de ellos y por qué. Pero está introducción no debe confundirse con "explicar la teoría", sino dar elementos para que los alumnos puedan actuar.

  Puede ser la realización de manipulaciones u observaciones, la respuesta a algún problema o pregunta, el análisis de un vídeo o de un texto, la confección de un mural o de un mapa conceptual, la comparación y revisión de ejercicios realizados como deberes, la aplicación de un programa informático, etc. Sus características dependerán de su función didáctica en el proceso de construcción de las ideas.
- Otro de los espacios de tiempo importante de una clase es la reflexión colectiva sobre lo que se ha hecho en la actividad central. Son las puestas en común, la discusión sobre las dificultades encontradas o los aciertos, la comparación

de las distintas soluciones... En estos momentos el profesor tiene una función de *explicar*, es decir, de dar sentido a lo hecho, de establecer relaciones, de introducir formas de hablar nuevas, etc. A ello se pueden dedicar 15-20 minutos.

No se trata tanto de discutir o mostrar la "respuesta correcta", como de analizar las dificultades encontradas y sus razones. La habitual "corrección de ejercicios" en la que el profesorado o un alumno da la solución es muy poco útil para aprender, porque los alumnos que ya los sabían hacer pierden el tiempo, mientras que los que no, raramente reconocen las causas de sus errores. En cambio, dedicar tiempo a reflexionar sobre los porqués ayuda a unos y otros.

- Por último, es necesario dedicar un corto espacio de tiempo (5-10 minutos) para resumir lo hecho, lo que queda pendiente, lo que se puede continuar pensando o haciendo en casa...

  Hay profesores que utilizan este tiempo para que los alumnos escriban su diario de clase, o sencillamente se recogen las ideas y se anotan en la pizarra.

  Aunque parezca que sea repetitivo respecto a lo planteado al inicio de la clase, no hay que olvidar que lo que es muy evidente para el que enseña no lo es tanto para los que aprenden. Que sea repetitivo o no dependerá de la forma de concretar las producciones, por lo que es importante utilizar medios de comunicación diversos.

La concreción por escrito de la planificación del trabajo en el aula no debería ser considerada una actividad trivial, necesaria sólo para ser comunicada a los órganos de gobierno de un centro o a la inspección. No hay duda de que es un medio muy importante para favorecer la toma de conciencia individual y colectiva de las decisiones que se toman para enseñar, y de la toma de decisiones sobre su mejora o cambio.

9
Actividades para la enseñanza de las Ciencias

Para enseñar Ciencias el profesorado puede diseñar una gran variedad de actividades e instrumentos didácticos y utilizar muchos recursos, disponibles cada vez en mayor número.

La diversificación del quehacer en el aula contribuye a la motivación de los estudiantes y favorece que cada uno de ellos encuentre sus propios caminos o vías para aprender. Hay estudiantes que prefieren realizar actividades en las que se tenga que discutir y expresar opiniones, mientras que otros se "pierden" en ellas. En cambio, los primeros se aburren y "desconectan" ante lecciones magistrales. Algunos son muy autónomos y creativos en la realización de experimentos, mientras que otros son muy dependientes y les cuesta imaginar. Unos disfrutan ante una explicación del profesorado llena de ejemplos, historias y anécdotas, pero otros prefieren que se diga sólo lo que es sustancial, y de forma ordenada.

Aunque, generalmente, los malos resultados no suelen atribuirse a una mala selección y planificación de las actividades, conviene recordar que es a través de ellas como los alumnos aprenden. Es cierto que cada estudiante tiene unos condicionamientos personales y familiares, pero el reto del profesorado es promover el aprendizaje de todos los alumnos a partir de dichos condicionamientos. El principal medio de que dispone para ello es la planificación de procesos de aprendizaje que incluyan las actividades más idóneas para dar respuesta a las necesidades, intereses, aptitudes y actitudes de todos los alumnos.

Ello exige que todo enseñante haya adoptado una actitud investigadora que le lleve a innovar constantemente, a revisar los medios utilizados para enseñar y a buscar otros nuevos. Tal cosa no es fácil porque implica estar aprendiendo continuamente y las primeras veces que se aplica una nueva actividad se experimentan sentimientos de inseguridad e incertidumbre. Pero, al mismo tiempo, esta posibilidad es lo que hace que la profesión de enseñar sea tan creativa e interesante.

En este capítulo se profundizará en las características y posibilidades de los tres tipos de actividades más utilizadas en las clases de Ciencias como son:

- Los trabajos prácticos.
- Las explicaciones de profesores y alumnos.
- La resolución de problemas y ejercicios.

También se analizará el interés de otros tipos de actividades como son:

- Los juegos y dramatizaciones.

9.1. Necesidad de diversificar las actividades

En la planificación de las clases, el profesorado tiene que encontrar un delicado punto de equilibrio entre la aplicación de actividades cuyas reglas de funcionamiento los estudiantes conozcan bien, y actividades innovadoras que rompan con lo esperado y promuevan el cambio en las rutinas.

Cada actividad tiene procedimientos asociados y normas que, en parte, dependen de cada profesor o profesora. Algunos estudiantes *intuyen* estas normas, aunque no se expliciten, y las aprenden rápidamente, mientras que otros (la mayoría) necesitan un mayor grado de explicitación y más tiempo y estímulos externos para incorporarlas. Una vez interiorizados los *planes de acción,* es decir, transformados en rutinas, son útiles para aprender. En efecto, economizan esfuerzos de profesores y alumnos porque no hay que decir cada vez cómo se ha de hacer algo, ni pensar conscientemente en las reglas necesarias para aplicar la actividad.

Por ejemplo, hay un plan de acción del trabajo en el laboratorio, que incluye las normas asociadas al traslado de lugar, al uso de la libreta para tomar notas, a la manipulación de los instrumentos y material, a la organización en el espacio del aula-laboratorio y del pequeño grupo, a las reglas de lo que se puede o no hacer, al uso del guión de prácticas... De la misma forma, hay un plan de acción para resolver problemas, para "tomar apuntes" cuando el profesor explica, etc.

Cuando se propone la realización de un nuevo tipo de actividad, se debe invertir tiempo en el aprendizaje del plan de acción correspondiente y es por este motivo por el que muchas veces se considera demasiado costoso. Por ejemplo, si se quiere llevar a cabo un juego de rol, la primera vez implica aprender muchos procedimientos y normas. Como, generalmente, hay pocos planes de acción comunes a los distintos profesores de una etapa educativa –cada uno tiene sus propias reglas sobre cómo trabajar en el laboratorio, resolver problemas, participar en clase, realizar un mapa conceptual...–, en el marco de una sola asignatura no hay el tiempo necesario para construir muchos planes distintos, y al final resulta una monotonía en las actividades.

Por otro lado, las ventajas de las rutinas también se convierten en obstáculos para el aprendizaje, porque dificultan los procesos metacognitivos favorecedores de la toma de conciencia sobre el sentido de lo que se está haciendo. Por ejemplo, aunque para resolver problemas númericos se diga que es necesario revisar los resultados, generalmente *esto* no se hace porque precisamente requiere reflexionar metacognitivamente. Como hay otros elementos del plan de acción que ya "funcionan" –por ejemplo, se han utilizado todos los datos disponibles y se obtiene un número–, se omite el más costoso. En cambio, la revisión es el momento más importante, porque es cuando se regula la actividad.

Incluso instrumentos con una función claramente metacognitiva, como pueden ser los mapas conceptuales o las bases de orientación, pueden transformarse en acciones rutinarias, poco útiles para el aprendizaje. Para evitarlo, el profesorado tiene la posibilidad de introducir cambios, que pueden ser pequeñas variaciones en la forma habitual de realizar la actividad o, más en profundidad, que conduzcan a continuar aprendiendo a aprender.

La necesidad de diversificar las actividades y la forma de aplicarlas se justifica en otras razones:

- Los caminos por los que se aprende son azarosos, no se pueden prefijar. No hay una actividad que conduzca de forma segura a un aprendizaje, porque éste es un proceso en el que intervienen un gran número de variables. Utilizar actividades diversas implica dar mayores oportunidades para la construcción de conocimientos.
- Los alumnos son distintos, tienen diversas motivaciones, intereses, aptitudes y estilos de aprendizaje. Si una U. D. incluye una diversidad de actividades se facilita que más alumnos encuentren aquella que les ayuda a aprender.

  El profesorado tiende a plantear actividades que en sus días escolares le fueron más útiles, pero con ello sólo facilita el aprendizaje de los alumnos cuyos estilos de aprendizaje sean similares al suyo. En el momento de seleccionar y diseñar tareas es importante tener como referente a alumnos concretos y diversos del grupo-clase –Juan, Elena, Laura...– y, pensando en ellos, tomar las decisiones. No existe una actividad idónea para el aprendizaje de todos, pero el conjunto de todas ellas puede dar respuesta a las necesidades de la mayoría.
- En general, la diversidad promueve la motivación, despierta el interés. Ante una nueva propuesta se está inicialmente más predispuesto a escuchar, a probar.

  Sin embargo, muchas veces los estudiantes adolescentes se muestran reticentes a hacer algo distinto y parece que rechazan la innovación. No hay que olvidar que saben muy bien que se les plantea modificar rutinas y es normal que se opongan este esfuerzo adicional. Pero también se puede comprobar que a menudo es sólo una manifestación propia de la adolescencia, etapa en la que se tiende a no aceptar propuestas provenientes de los adultos.

Que los alumnos se comprometan en la nueva tarea dependerá en buena parte de la capacidad de estímulo y convencimiento del profesorado. Éste ha de creer en su interés didáctico y no renunciar ante las primeras manifestaciones del alumnado. Generalmente, se comprueba que el rechazo inicial es superficial y que en la práctica les gusta la diferencia (cuadro 9.1).

Cuadro 9.1. *Extracto de páginas del diario de un alumno de 2.º de ESO.*

16-11-98. Hoy el profe nos ha enseñado a hacer mapas conceptuales. Hemos hecho frases que hemos puesto en el mapa.

Creo que no me gustará hacerlos. Lo encuentro difícil y una tontería.

18-11-98. Hoy hemos comentado los mapas conceptuales que hicimos el otro día. No me esperaba que fueran tan diferentes. El mío estaba bastante bien, pero me salió demasiado vertical y puse que las bacterias se desplazan gracias a flagelos y en realidad se pueden desplazar también de otras maneras.

[...]

14-12-98. Ya soy un experto en hacer mapas conceptuales. Hoy el profe ha cogido el mío y lo ha comentado a toda la clase porque ha dicho que estaba bien y que había puesto conexiones entre conceptos del mismo nivel.

- La innovación, el cambio en las rutinas, es también un factor importante que favorece la obtención de placer en el ejercicio de la profesión y su mejora. Inventar y adaptar promueve el desarrollo de la creatividad y pone a prueba la propia capacidad para dar respuesta a los problemas que van surgiendo. Se ha de continuar aprendiendo constantemente.

  Por un lado, es necesario profundizar en los contenidos aprendidos en la licenciatura, ya que generalmente se tienen pocos conocimientos de la Química cotidiana o de la Física de la Biología e, incluso, dificultades para identificar los modelos fundamentales de cada disciplina.

  Paralelamente, los conocimientos iniciales en Didáctica de las Ciencias son muy pocos y se desconocen sus fundamentos filosóficos, psicológicos, sociológicos, lingüísticos... También evolucionan constantemente las tecnologías y los recursos, y no hay que olvidar que es necesario profundizar en el arte de la comunicación y de la expresión oral y corporal. Crear nuevas e interesantes actividades para enseñar implica, pues, abrirse a muchos campos del conocimiento humano.

En el diseño de una unidad didáctica se pueden planificar *actividades,* idear o aplicar *instrumentos didácticos* y utilizar nuevos *recursos* aunque la diferencia entre estos conceptos muchas veces es sólo de matiz. Por *actividad* se entiende un quehacer que reúne

un conjunto de tareas. Hablamos de actividades experimentales, de resolución de problemas, de evaluación... Muchas veces, en la realización de la actividad, alguna de las tareas incluye el uso de *instrumentos didácticos,* como el mapa conceptual, el resumen, el diario de clase, las bases de orientación, la V de Gowin..., y para llevarla a cabo se necesitan *recursos* concretos: el laboratorio, guiones de prácticas, ordenador, maquetas, vídeos, libros, carteles, transparencia, juegos, visitas a museos...

Escoger un criterio para clasificar las actividades no es fácil, ya que cada una puede tener muchas finalidades y, generalmente, hay tareas comunes a varias de ellas.

a) Actividades y recursos orientados a percibir hechos directamente y construirlos.

- Trabajos prácticos:

  - De observación y análisis de objetos, organismos o fenómenos.
  - De demostración, deducción y/o comprobación de regularidades o leyes.
  - De investigación, más o menos abiertos.

- Actividades fuera del aula (con las finalidades anteriores):

  - Las salidas al campo, a escuelas de Naturaleza o centros de Educación Ambiental...
  - Las visitas a servicios municipales u otros (depuradoras, tratamiento de residuos, red de transportes públicos...).
  - Las visitas a industrias y talleres.
  - Las visitas a museos y exposiciones.
  - El uso del entorno escolar: el edificio, los patios, las calles, los parques...

b) Actividades y recursos orientados a percibir hechos indirectamente y construirlos.

- Observación de pósters, fotografías, grabados, diapositivas....
- Visionado de vídeos, películas, programas de TV...
- Lectura de artículos de la prensa, de textos...
- Recogida de datos orales, entrevistas, exposiciones de profesionales, de alumnos...
- Análisis de casos, de biografías.

Internet es una fuente importante de recursos en este ámbito.

c) Actividades orientadas a construir el conocimiento de forma materializada.

- Realización o uso de maquetas o modelos manipulables.
- Juegos de simulación, de rol u otros.
- Dramatizaciones, expresión corporal de ideas.
- Realización de murales, cómics u otros tipos de representaciones gráficas.
- Realización de montajes y exposiciones.

d) Actividades orientadas a construir el conocimiento interactuando con otras personas y fuentes de información.

- Exposiciones magistrales y/o interactivas del profesorado, de personas expertas, de alumnos del propio curso u otros, utilizando una variedad de recursos posibles: pizarra, transparencias, pósters, PowerPoint...
- Lectura de documentos, provenientes de artículos, de libros de texto, de consulta o enciclopedias, de Internet...
- Visionado de vídeos y otras fuentes audiovisuales.
- Actividades de análisis, discusión y reelaboración, realizadas en pequeños grupos o por parejas.
- Actividades de evaluación mutua entre el alumnado o de coevaluación entre éste y el profesorado.
- Ejercicios de "lluvia de ideas", conversaciones colectivas, coloquios, etc.
- Puestas en común en gran grupo para analizar colectivamente formas de percibir, de razonar, de hablar, de conceptualizar y de valorar.

e) Actividades orientadas a construir el conocimiento reflexionando individualmente.

- Resolución individual de problemas y ejercicios. Respuesta a cuestionarios.
- Elaboración de resúmenes, definiciones, diarios de clase, informes de laboratorio...
- Elaboración de esquemas, mapas conceptuales, de V de Gowin, bases de orientación...
- Realización de ejercicios de autoevaluación.

9.2. Trabajos prácticos

Por *trabajos prácticos* se entiende cualquier actividad que comporte la manipulación de materiales, objetos u organismos con la finalidad de observar y analizar fenó-

menos. Desde este punto de vista, un trabajo práctico se puede realizar en el laboratorio, pero también en el aula o en el campo.

Los trabajos prácticos o "experiencias" como son llamadas habitualmente, son el tipo de actividades que caracterizan más la enseñanza de las Ciencias, diferenciándola de otras disciplinas. Sin embargo, diversos estudios demuestran que en España sólo un tercio de los profesores de Secundaria planifica la realización de algún trabajo práctico y aun, en la mayoría de los casos, éstos tienen sólo una función de comprobación de la información introducida a través de explicaciones magistrales.

Cabría preguntarse por qué. Se aducen principalmente razones de dos tipos:

- Un trabajo experimental es complejo de gestionar. Se necesita un tiempo de preparación, no siempre es fácil disponer de todos los materiales y utensilios necesarios. Muchas veces los alumnos se han de trasladar, se requiere una organización del grupo distinta, se generan muchas preguntas y no es fácil atender a todas ellas, etc. El coste en tiempo y esfuerzo es, pues, alto.
- Se opina que la función de las actividades en el aprendizaje de conceptos no es esencial, mientras sí se considera importante explicar ordenadamente los contenidos, o dar respuesta a ejercicios y problemas. Se argumenta que los alumnos no obtienen mejores resultados en los exámenes por el hecho de realizar experimentos y que, en cambio, ocupan mucho tiempo.
- El principal valor que se da a los trabajos prácticos es que aumenta la motivación del alumnado, aunque se cree que esta finalidad también se puede conseguir con otros medios menos costosos. También es imprescindible en el aprendizaje de técnicas y procesos propios de la experimentación científica, pero normalmente estos contenidos no son objetos de enseñanza y mucho menos se evalúan.

Todas estas percepciones y prácticas deberían analizarse críticamente. Por un lado, no es cierto que, sin realizar trabajos experimentales, los resultados de los aprendizajes sean buenos. Sólo es necesario analizar el nivel de cultura científica de la población que ha cursado estudios de Ciencias hasta los 16 años. Por otro, conviene plantearse si lo que se evalúa en los exámenes tradicionales permite poner de manifiesto aprendizajes significativos.

Aun así, es cierto que la mayoría de las "prácticas" que se hacen son poco eficaces para aprender, por lo que será importante profundizar en:

a) ¿Cuál es la finalidad de los trabajos prácticos en el aprendizaje de las Ciencias?
b) ¿Qué aspectos se deben tener en cuenta en su diseño y aplicación?
c) ¿Qué tipologías se pueden definir y cuál es su posible funcionalidad?
d) ¿Qué tipo de organización puede ser más idónea?

A) ¿Cuál es la finalidad de los trabajos prácticos?

La actividad científica escolar se basa en plantear preguntas relevantes sobre los hechos de la vida cotidiana que puedan dar lugar a la construcción de modelos explicativos coherentes con los de la ciencia. Se podría decir que, mediante esta actividad, los hechos de la vida cotidiana se transforman en *hechos científicos escolares*. Por ejemplo, todos los alumnos y alumnas saben que tienen cierto parecido con alguno de sus parientes, pero sólo cuando este hecho conocido es analizado más sistemáticamente –diferenciando caracteres, analizando cuáles se repiten y cuáles no, en qué proporción, etc.– se transforma en un hecho científico escolar.

De la misma forma, aunque todo el mundo sabe y dice que los objetos de hierro se oxidan, "ver" la oxidación del hierro como un cambio químico requiere, en primer lugar, "mirar" el fenómeno con otros ojos –¿La herrumbre es atraída por un imán? ¿Pesa más o menos que el metal original? ¿Puede volver fácilmente al estado inicial?...–. Este cambio del punto de vista perceptivo no es algo banal. Implica orientar la mirada a través de preguntas que no son las habituales en el contexto cotidiano.

Para el profesorado, generalmente estas preguntas no representan ningún cambio de percepción ya que "ve" óxido de hierro, un compuesto con propiedades distintas a las de los elementos que lo forman y que pesa más que el hierro puro. Pero aunque hable de ello a sus alumnos, éstos continuarán "viendo" el orín como un tipo de hierro, muy poco denso (que pesa poco) porque el aire se ha "mezclado" con él. Es decir, los hechos de los que se habla en clase tienen poco que ver con los construidos cotidianamente y no se pueden establecer relaciones significativas.

En un examen realizado al poco tiempo de la explicación dada por el profesorado, los estudiantes pueden responder con las palabras que se espera que escriban, pero al poco tiempo se olvidan de ellas porque no se ha construido un conocimiento significativo que relacione el modelo teórico introducido con la forma de percibir los hechos que explica.

Es necesario pues distinguir entre la observación entendida como una captación de datos sensoriales y la que se entiende como la percepción de objectos, situaciones, relaciones, estado de las cosas, etc. Una cosa es identificar la dureza, el brillo, el color, la textura, la forma, etc., y otra es percibir palos. Observar un palo implica reconocer que el objeto que estamos observando pertenece al modelo *palo,* aunque, por ejemplo, lo veamos quebrado cuando está introducido en un arroyo.

En consecuencia, no se puede esperar del alumnado novel que *observe* una célula en el miscroscopio y reconozca sus partes, porque tan sólo verá manchas, formas geométricas, etc. Para *ver* el núcleo, las membranas, y distinguir entre células de vegetales y células de origen animal, es necesaria una representación de estos conceptos. La observación puede permitirle relacionar esta representación con las

formas que ve, compararlas con las que ven otros compañeros y con las que destacan los expertos a través de textos escritos o el enseñante. Este contraste entre formas de ver y de representarse es lo que permite la evolución del modelo *célula* en el alumnado.

Los instrumentos también son necesarios para construir *hechos científicos*. Un osciloscopio permite "ver" ondas, la balanza posibilita conceptualizar la masa como cantidad de materia y el dinamómetro al peso como una fuerza. Es más, su uso permite empezar a reconocer que *masa* y *peso* son magnitudes distintas, sencillamente porque se necesitan instrumentos distintos para medirlas. El aprendizaje de una determinada técnica no tiene, pues, una finalidad en sí misma –saber pesar con una balanza, filtrar o manejar un osciloscopio–, sino la construcción de los conceptos asociados.

Precisamente, uno de los factores que han dado lugar al avance de la ciencia es la invención y uso de nuevos instrumentos que han ampliado el campo de la percepción humana. Sin microscopio seguramente no existiría el concepto de *célula.* En cambio, en la escuela a veces se piensa que es posible aprender prescindiendo de la observación y del conocimiento del instrumento que ha contribuido a la génesis de un nuevo modelo o teoría.

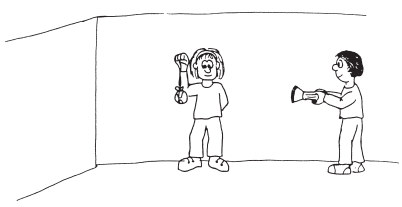
Como ya se ha indicado, también desde la Psicología se reconoce la importancia de la actividad manipulativa en la formación de los conceptos, y de la necesidad de la llamada *etapa de la formación de la acción en su forma material o materializada* para llegar a construir mentalmente una idea. Es decir, es necesario representarse el fenómeno y el modelo explicativo a partir de la manipulación, y, haciéndolo, se va construyendo el modelo. Es decir, la "práctica" de alguna forma debería preceder a la introducción del modelo teórico o, mejor, una y otro deberían interrelacionarse fuertemente.

En el cuadro 9.2 se reproduce la planificación de un proceso de enseñanza orientado a la construcción del modelo propio de la óptica geométrica para interpretar fenómenos luminosos. Habitualmente, este modelo se "enseña" suponiendo que los alumnos y alumnas ya conocen el fenómeno y dibujando en la pizarra esquemas con líneas que representan rayos de luz que no tienen demasiado sentido para los que aprenden. En la propuesta, en cambio, los estudiantes empiezan observando el fenómeno y luego utilizan cuerdas para *materializar* los rayos de luz. El paso al esquema dibujado en el papel es una etapa posterior.

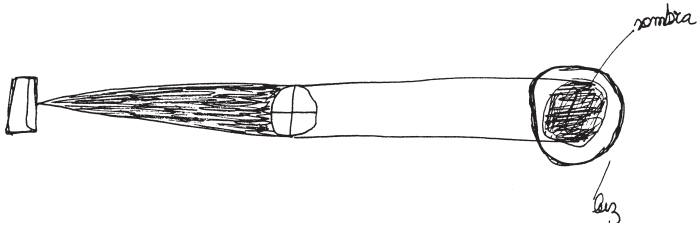
Otro interés de las prácticas se basa en que son una fuente de conflictos cognitivos. A través de ellas se pueden identificar evidencias que contradigan las percepciones iniciales. Pero conviene recordar que en la mayoría de ocasiones no es el experimento el que origina el conflicto, sino la discusión que tiene lugar al analizar lo observado y contrastar las distintas percepciones. Por ello, la utilidad de las actividades experimentales para aprender depende en buena parte del tiempo que se dedique a hablar sobre ellas (cuadro 9.3).

Cuadro 9.2. *Formación inicial de un modelo.*

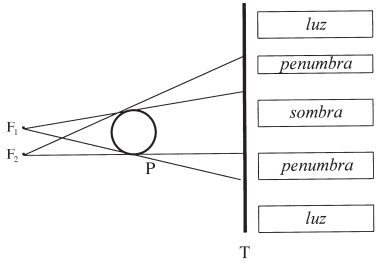
Sombras y penumbras



El proceso de modelización de fenómenos luminosos (óptica geométrica) empezó observando y experimentando con sombras. Los alumnos representaron sobre el papel su primer "modelo" del fenómeno.



El siguiente paso consistió en representar de nuevo el fenómeno con cuerdas, pero sobre una cartulina. Finalmente, los alumnos dibujaron el modelo geométrico utilizando regla y lápiz. Este trabajo se realizó conjuntamente entre la clase de Ciencias y la de Matemáticas, con lo que se dispuso de más tiempo para la enseñanza.



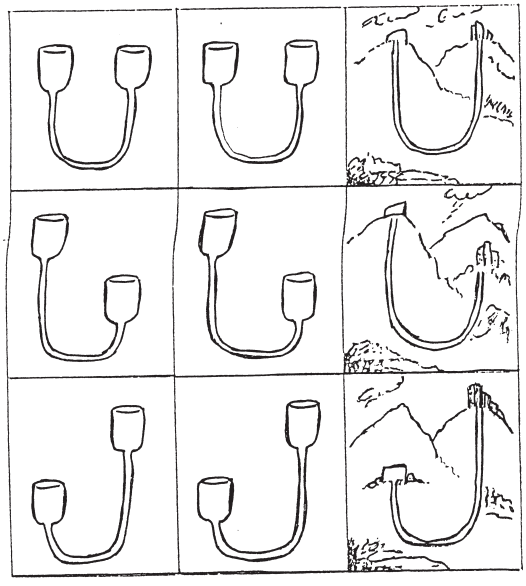
Este aprendizaje lo aplicaron posteriormente para explicar los eclipses y otros fenómenos.

Fuente: J. Jorba y N. Sanmartí (1991): *La Llum i les ombres.* Material didáctico no publicado.

Cuadro 9.3. *La observación no es por sí misma fuente de conflictos cognitivos.*

¿A qué altura llegará el líquido?

La práctica tiene como finalidad constatar el principio de los "vasos comunicantes". Los alumnos dibujan primero sus previsiones suponiendo que los dos tubos están a la misma o a distinta altura. Posteriormente, se realiza la experimentación para todo el grupo-clase y tienen que comparar sus predicciones con la observación de lo que sucede.



En la realización de esta práctica con estudiantes de 1.º de ESO se comprobó que muchos de ellos creían inicialmente que el nivel del agua sería distinto a ambos lados del tubo.

Contra lo que se había supuesto, realizar la experiencia no siempre dio lugar a un conflicto cognitivo. Así:

- Algunos alumnos no reconocían que su dibujo inicial era distinto de lo que observaban. Continuaban "viendo" que los niveles no eran iguales. Sólo admitían que la diferencia era menor de la que ellos habían dibujado.
- Otros hicieron "trampa", es decir, cambiaron sus dibujos iniciales. Consideraban que había sido un "despiste" al dibujar y no que tuvieran una concepción distinta. No hubo posibilidad de discutir.
- Por contra, otros habían dibujado los niveles de ambos tubos iguales, pero la altura era distinta a la observada y consideraron que su dibujo inicial era incorrecto. La profesora tuvo muchas dificultades para convencerlos de que desde el punto de vista de la idea que se estaba discutiendo, su previsión era correcta.

La posible finalidad de prácticas como comprobación de la teoría que se haya introducido con anterioridad no tiene, pues, mucho interés. Habitualmente, los alumnos sólo confirman sus concepciones alternativas. Mucho más importante es la función de representarse inicialmente un hecho al que, poco a poco, la teoría que se irá construyendo conjuntamente en el aula dará sentido, o bien, la de dar pie a poder constrastar las distintas percepciones y sus explicaciones.

B) ¿Qué aspectos se deben tener en cuenta en el diseño y aplicación de los trabajos prácticos?

Tota actividad tiene unas finalidades y objetivos, en función de los cuales se planifica una forma de llevarla a la práctica y de regular las percepciones y las ideas manifestadas por el alumnado.

- Los *objetivos didácticos* de las actividades prácticas pueden ser variados, dependiendo fundamentalmente del momento del proceso de aprendizaje en el que se proponga su realización.

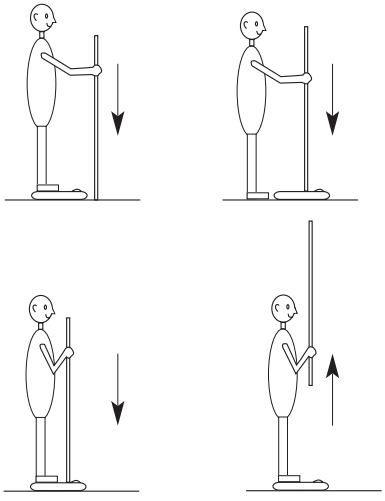
  Si es una actividad de exploración, normalmente la actividad se planifica de forma abierta, buscando que los estudiantes se planteen preguntas y posibles interpretaciones e hipótesis de investigación. No son necesarios guiones que orienten una observación sistemática, pero se puede perseguir que se identifiquen regularidades.

  En cambio, en otros momentos del proceso de aprendizaje, la observación y la manipulación puede ser más dirigida, promoviendo que los alumnos perciban unos determinados aspectos, identifiquen y combinen variables, deduzcan leyes... En estos casos, los guiones de prácticas serán mucho más orientados y sistemáticos.

  Si con la actividad práctica se pretende que los estudiantes transfieran conocimientos aprendidos en relación con otros ejemplos o situaciones experimentales, la actividad puede planificarse como una investigación, en la que las propias alumnas y alumnos tengan que plantear el problema y diseñar todo el proceso experimental.

  Una misma experiencia puede, por tanto, tener objetivos didácticos distintos y, en función de ellos, ser planificada y aplicada de forma muy diversa (cuadro 9.4).
- El *diseño y planificación* debe responder a los objetivos didácticos y de aprendizaje. Habitualmente, se concreta en un guión, que se da por escrito a los alumnos. En él se indica:

Cuadro 9.4. *Una misma experiencia, pero tres actividades prácticas distintas.*



Versión 1: Exploración

• ¿Qué "balanza" marcará un peso mayor?

– Discutir en pequeño grupo cuál será vuestra previsión, razonando por qué.
– Comprobar si vuestras previsiones son las adecuadas.
– A partir de vuestra observación, plantear alguna pregunta a la que os gustaría aprender a dar respuesta.

Versión 2: Análisis sistemático

• ¿Qué fuerzas interactúan? ¿Cómo se "combinan" entre ellas?

– Realizar la experiencia que muestra el dibujo y comprobar qué indica la balanza en cada caso.
– Analizar en cada caso las fuerzas que interactúan y componerlas.
– En función de este análisis, justificar los resultados obtenidos en cada una de las situaciones.

Versión 3: Investigación

• Búsqueda de solución a un enigma.

Sabemos que sobre un objeto pueden actuar distintas fuerzas y hemos aprendido a componerlas. Con estos conocimientos, encuentra (o encontrad, si la actividad se realiza en grupo) una explicación a los distintos pesos que indica la "balanza".

Al final, elabora un informe (escrito, un mural, prepara una exposición para el resto de la clase...) sobre tu respuesta al enigma.

Fuente: Paolo Guidoni (adaptación de Jordi Martínez), en: *Enseñar Ciencia*. Barcelona. Paidós, 1990: 43.

- Un título que ha de ser sugerente y ha de intentar comunicar alguno de los objetivos y anticipar la acción. Se ha de tener en cuenta que si hay alguna parte del guión de prácticas que los alumnos lean, es el título, por lo que su redacción tiene mucha importancia.
- Una concreción del objetivo principal de la práctica redactada de forma que sea comprendida por el alumnado y lo motive. Como veremos, no se ha de confiar en que los alumnos lo lean, pero los referentes escritos siempre son importantes.
- Dependiendo del tipo de práctica se puede incluir información sobre los materiales necesarios, el procedimiento a seguir y las condiciones de seguridad exigibles. Es mucho mejor acompañar está información con esquemas y dibujos.
- Habitualmente, también se incluyen orientaciones sobre la forma de recoger los datos y de tratarlos: tablas, esquemas, gráficos...
- Finalmente, se debe concretar lo que se espera que elaboren los alumnos al final del proceso. No es recomendable incluir un gran número de preguntas que puedan responder con un "sí" o un "no", o con frases muy cortas. Es mucho mejor que tengan que elaborar textos, en los que interrelacionen aspectos observados, justifiquen lo observado o argumenten divergencias. También es útil promover la confección de "V de Gowin", instrumento que favorece el establecimiento de relaciones entre los hechos observados y sus interpretaciones teóricas (véase la figura 10.4).

Una buena planificación de la práctica conlleva también tener en cuenta el factor tiempo, por lo que se tiene que probar previamente y adaptarla al tiempo disponible. Por ejemplo, si se quisiera analizar algunas de las sustancias disueltas en el agua de mar, es mejor concentrar previamente la disolución, reduciendo su volumen a la mitad o mejor a una cuarta parte. En caso contrario, los estudiantes se pueden pasar toda la hora de clase evaporando agua.

Actualmente, también se dispone de sensores que permiten la recogida y transformación de los datos de forma informática. Ello puede facilitar, si los alumnos conocen la tecnología, que el tiempo de trabajo en el aula o en el laboratorio se emplee mayoritariamente en la interpretación y discusión de los resultados. En todo caso, siempre se ha de valorar si la complejidad del instrumento o del procedimiento es adecuada a las finalidades previstas, y si los estudiantes saben interpretarlo y aplicarlo. Muchas veces será necesario dedicar tiempo a su aprendizaje, tiempo que nunca puede considerarse como perdido.

Por último, también es muy importante prever la organización del grupo y su distribución en el espacio. Generalmente, los trabajos prácticos se realizan en pequeños equipos, por lo que será necesario planificar cómo se formarán y cómo se repartirán las tareas entre cada uno de los componentes.

Es necesario que en cada grupo haya, como mínimo, un estudiante que se responsabilice de coordinar la ejecución del trabajo y controlar el tiempo, otro de los materiales e instrumentos (que puede colaborar con el profesorado en la preparación previa, distribución y recogida) y otro que tome nota adecuadamente de todas las observaciones y datos. En función del tamaño del grupo estas responsabilidades se pueden subdividir o compartir, y han de variar periódicamente. La distribución la hará cada grupo, pero se habrá de vigilar que no se apliquen estereotipos de género como que las chicas sean las secretarias o las encargadas de la limpieza de los utensilios y que los chicos sean los que manipulen los instrumentos.

- En la *aplicación* de una actividad práctica es muy importante la acción del profesorado orientada a la *regulación* de las percepciones, prácticas y concepciones de los alumnos y alumnas. Aspectos a tener en cuenta son:

  – Al inicio se debe plantear la pregunta o problema que orientará el trabajo a realizar, o promover que los alumnos planteen las suyas. En esta fase previa, será importante comunicar y compartir con los alumnos *qué* se va a hacer, el *porqué* y el *cómo*.

    No se puede esperar que los alumnos lean el guión y lo comprendan, por lo que se tendrá que preparar alguna acción para que los alumnos se apropien de todo ello (véase, por ejemplo, el cuadro 7.8), así como favorecer la regulación de sus representaciones iniciales.

    También es necesario establecer relaciones entre lo que se va a hacer u observar y otros fenómenos conocidos, y recordar contenidos –conceptuales y procedimentales– que se supone que se han aprendido. Para que las manipulaciones sirvan para aprender es necesario conectar lo que se hace con conocimientos anteriores. El profesorado tiene muy claros estos referentes, pero la mayoría de los estudiantes no sabe cuáles son los que debe activar en su memoria para que la experimentación tenga sentido (cuadro 9.5).

Cuadro 9.5. *Revisión de los conocimientos previos.*

Una experiencia que se puede realizar para empezar a construir el concepto de equilibrio térmico es la que muestra la figura del cuadro 5.7. Pero, para que los estudiantes puedan elaborar alguna explicación coherente desde el punto de vista científico, han de interrelacionar conocimientos aprendidos en momentos distintos, como son los relacionados con el funcionamiento de los sentidos y del termómetro, y otros que pueden provenir del conocimiento cotidiano como que, cuando se ponen en contacto dos cuerpos, su temperatura tiende a igualarse, o que el "calor" es un concepto distinto del de temperatura. Por ello, antes de realizar la manipulación será importante recordar lo aprendido y discutir posibles concepciones previas a partir de actividades como las del ejemplo.

(.../...)

¿Qué sé, qué pienso?

Indica qué grado de conocimiento crees tener sobre las siguientes cuestiones según la escala:

1. No lo sé.
2. Sé alguna cosa.
3. Lo sé bien.
4. Sería capaz de explicarlo a algún compañero o compañera.

Contenido	*Grado de conocimiento*
¿Qué sentido nos permite notar que algo está frío o caliente?	
¿Cómo funciona este sentido?	
¿Cuál es la temperatura normal de nuestro cuerpo y la del ambiente en un día como hoy?	
¿Qué sucede cuando se ponen en contacto dos cuerpos que están a distinta temperatura?	
¿Cómo es que el termómetro nos sirve para medir la temperatura?	
¿El termómetro nos sirve también para medir la cantidad de "calor" de un cuerpo?	

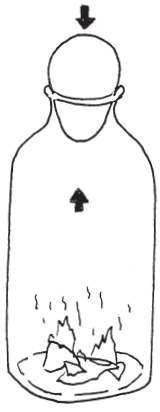
Se puede recoger el grado de conocimiento de la clase y pedir a los que se han puesto una valoración más alta que la compartan con el resto del grupo. La discusión, en la que pueden intervenir todos –incluido el profesor–, tiene como finalidad que el conocimiento inicial sea lo más común posible.

• Compara tus opiniones con las de tus compañeros y compañeras. Revisa los aspectos que no acabas de comprender bien porque te serán necesarios para poder explicar bien el experimento que haremos.

– Otra condición importante para el buen funcionamiento de un trabajo práctico es *anticipar* en lo posible todos los problemas que puedan interferir en la actividad, especialmente los derivados de un mal comportamiento de los alumnos. Es necesario preverlos y hablar de ellos con todo el grupo. Consecuentemente, la segunda vez que se hace un experimento acostumbra a "funcionar" mejor que la primera ya que, con la experiencia adquirida, el profesorado puede anticipar reacciones difícilmente previsibles la primera vez (cuadro 9.6). También han de estar claras (por ejemplo, escritas en un mural) las normas de actuación, resultado de un pacto al que se ha de llegar previa argumentación y justificación (no imposición) (véanse los cuadros 12.2 y 12.3).

Cuadro 9.6. *Anticipar problemas es evitarlos.*

Un huevo dentro de una botella



En una clase, al realizar esta experiencia los alumnos (14 años) relacionaron el fenómeno observado con la penetración de un pene en una vagina. Consecuentemente, la actividad se descontroló y fue imposible discutir sobre el fenómeno observado.

Al año siguiente la profesora, en vez de desanimarse y considerar que la práctica no se podía realizar con aquel tipo de alumnos, habló con ellos de lo que era posible que algunos imaginaran. Les dijo que el tema de la reproducción humana sería objeto de estudio más adelante y que sería un buen momento para hablar de este tipo de temas, pero argumentó que en aquél, la finalidad era discutir la observación desde el punto de vista de la Física. Nunca más tuvo problemas de comportamiento en su realización.

Los y las estudiantes adolescentes pueden tener reacciones que un profesor no pueda prever si es la primera vez que promueve la realización de la actividad. Pero con la ayuda de un compañero más experto o a base de experiencia, se pueden anticipar muchos de los comportamientos no deseables. No se trata tanto de anunciar sanciones como de hablar abiertamente del problema y prever otros momentos para discutir intereses del alumnado.

– Aunque se hayan dado bien las instrucciones y estén escritas en el guión correspondiente, a lo largo de la realización de la actividad manipulativa surgen problemas de todo tipo: de manipulación de los instrumentos, de recogida y transformación de los datos, de interpretación, etc. Normalmente, la regulación se hace grupo por grupo, pero a veces es necesario intercalar momentos de comentarios en gran grupo, especialmente cuando el problema es general.

  En otros casos, si el profesor no puede atender todas las demandas directamente, puede en cambio promover la cooperación y el intercam-

bio entre los grupos. Cuando uno ha encontrado una solución la puede explicar a otro.

Es importante asegurarse de que las responsabilidades de los componentes de cada grupo funcionen, ya que entonces el profesor se puede dedicar a los problemas importantes y no se encontrará desbordado por las pequeñas incidencias.

– La actividad práctica no acaba con la manipulación sino en la reelaboración de los resultados, su análisis, discusión y síntesis.

Lo que se ha hecho y pensado se ha de poder comunicar y regular. Puede hacerse a través de una puesta en común en el marco del grupo-clase en la que se comparten resultados e interpretaciones. Pero también se pueden realizar actividades de coevaluación, en las que los estudiantes se ayudan a mejorar sus producciones, o de autoevaluación.

En todos los casos, más que valorar respuestas concretas, es importante discutir los criterios que permiten decidir si algo se hizo bien o si una interpretación es la adecuada (véase, por ejemplo, el cuadro 7.7). La pregunta crucial a plantear por parte del profesorado es: ¿cómo podemos saber si la experiencia estuvo bien realizada o si la interpretación es la idónea?

Los *informes de prácticas* son instrumentos que ayudan a que los estudiantes organicen todos sus referentes y reflexionen sobre el trabajo realizado. Son especialmente indicados en la realización de investigaciones o de experimentos con cierto grado de complejidad. Pero será importante pactar con los alumnos sus características y los criterios de evaluación.

Para ello, puede ser muy útil proporcionar a los alumnos ejemplos de buenos informes escritos por otros estudiantes en cursos anteriores. A partir de su análisis es posible que identifiquen los aspectos que se han de tener en cuenta al confeccionarlos y cómo pueden reconocer si los están realizando adecuadamente. Con estas reflexiones, realizadas primero individualmente y posteriormente coevaluadas hasta llegar a compartir criterios, los estudiantes son capaces de confeccionar pautas para la autoevaluación de dicho tipo de textos, del tipo del ejemplo reproducido en el cuadro 9.7.

En todo trabajo experimental son muy importantes los procedimientos relacionados con la organización y transformación de los datos, especialmente la confección de tablas y de gráficos. Muchas veces se supone que los estudiantes ya son expertos en su manejo y no se enseñan. Pero conviene tener en cuenta que no todos tienen por qué ser capaces de utilizarlos adecuadamente (véase el cuadro 9.14), y sin ellos difícilmente se pueden identificar regularidades, plantearse preguntas significativas o imaginar explicaciones.

Cuadro 9.7. *Criterios para la redacción de un informe de laboratorio.*

REDACCIÓN DE UN INFORME DE UNA EXPERIENCIA DE LABORATORIO HIPOTÉTICO-DEDUCTIVA	
Acciones que debo hacer	**Estará bien hecho si...**
1. Escoger un título para el informe	1.1. está de acuerdo con la experiencia 1.2. resume el objetivo principal 1.3. es sugerente
2. Identificar el principal objetivo	2.1. está de acuerdo con las finalidades del trabajo realizado 2.2. empieza con un verbo
3. Plantear la hipótesis	3.1. se indican las variables dependiente e independiente 3.2. se indican las variables que se controlan 3.3. se redactan utilizando la forma: "Si ....., entonces .....
4. Indicar los materiales e instrumentos utilizados en la experimentación	4.1. se anotan todos 4.2. son nombrados correctamente
5. Describir el procedimiento seguido	5.1. está de acuerdo con la hipótesis 5.2. se describen los diferentes pasos en párrafos separados 5.3. los párrafos son cortos, precisos y concisos 5.3 se acompaña de esquemas
6. Transcribir las observaciones y los datos	6.1. son sistemáticos en relación a la variable independiente 6.2. se utilizan tablas y cuadros 6.3. se visualizan fácilmente 6.4. incluyen observaciones sobre aspectos divergentes u otros
7. Transformar los datos	7.1. si permiten visualizar y llegar a conclusiones en relación a la hipótesis planteada 7.2. si se utilizan gráficos o esquemas
8. Redactar las conclusiones	8.1. responde a la hipótesis 8.2. se relaciona con aspectos teóricos que 'expliquen' los resultados obtenidos 8.3. se diferencian las interpretaciones personales de las que son aceptadas científicamente 8.4. en la redacción se utilizan los términos científicos adecuados y sin errores 8.5. si las frases están bien construidas (atención a los conectores)
9. Revisar el texto elaborado	9.1. se comprueba que una persona que no ha hecho el experimento puede repetirlo 9.2. la presentación permite leer fácilmente el texto 9.3. la puntuación y la ortografía son correctas

C) Algunas tipologías de trabajos prácticos

Las prácticas pueden ser de muchos tipos y se pueden clasificar en función de distintos criterios. Ya se ha indicado que su formulación depende del momento del proceso de aprendizaje en que se plantee su realización. Otras variables a tener en cuenta son:

- El tipo de pregunta o problema planteado.
- El grado de apertura.

c.1) Trabajos prácticos y tipos de preguntas

Es importante que cualquier trabajo práctico parta del planteamiento de una pregunta o problema, que es necesario que el alumnado se represente bien. La pregunta es lo que da significatividad a la experimentación:

> No sólo se requiere que los resultados experimentales sean adecuados en el sentido de ser registros precisos de sucesos experimentales, sino que, además, deben ser apropiados o significativos. Deben arrojar luz sobre alguna cuestión significativa planteada a la naturaleza. (Alan Chalmers, en: *La ciencia y cómo se elabora,* Madrid. Siglo XXI, 1992: 80).

> Para que la observación científica sirva de algo ha de ser a favor o en contra de alguna tesis: la razón de ser del observar no reside meramente en recoger y acumular observaciones, sino en buscar y sacar a la luz cierto orden existente en los hechos; y de ahí que lo "observable" siga en su desplazamiento a los intereses y finalidades de la indagación (Marx W. Wartofsky, en: *Introducción a la filosofía de la ciencia.* Madrid. Alianza, recogiendo ideas expresadas por C. Darwin, 1976: 163).

Cada tipo de pregunta tiene finalidades de aprendizaje distintas y conlleva que los alumnos tengan que aplicar diferentes estrategias de razonamiento para poder responder. No es lo mismo pensar inductivamente que deductivamente. Por ejemplo, se puede distinguir entre:

- Trabajos prácticos orientados al aprendizaje de un procedimiento o técnica: ¿Cómo se utiliza tal instrumento? ¿Cómo calcular la densidad de un objeto? ¿Cuál será el contenido en sal de una mezcla?...
- Trabajos prácticos orientados a la observación sistemática de objetos, organismos o fenómenos: ¿En qué se parecen y se diferencian...? ¿Cómo es y cómo funciona?...

- Trabajos prácticos de tipo inductivo en los que se pide al estudiante que detecte regularidades o infiera algún tipo de relación entre variables. Por ejemplo: ¿Hay alguna relación entre la presión y el volumen de un gas?, o ¿entre el alargamiento de un muelle y la fuerza ejercida? ¿Se conserva la masa, en un cambio químico?
- Trabajos prácticos de tipo deductivo en los que se pide que los estudiantes utilicen razonamientos deductivos para relacionar ideas generales o teorías con el fenómeno observado. Ejemplos de preguntas serían: ¿Cómo podemos explicar lo que sucede al calentar un Erlenmeyer tapado con un globo? Cómo saber si una determinada parte de una planta es un fruto?
- Trabajos prácticos hipotético-deductivos en los que los estudiantes han de identificar y combinar variables para comprobar hipótesis. Por ejemplo: ¿De qué depende la resistencia de un cable eléctrico? ¿Qué papel de cocina absorbe más agua? ¿Cuáles con las mejores condiciones para el crecimiento de una planta? (cuadro 9.8).

Cuadro 9.8. *Diseño de una investigación.*

¿Qué es lo que favorece el crecimiento de una planta?

Problema	Imaginar que visitamos dos huertos. En el huerto A vemos unas plantas muy desarrolladas. En el huerto B observamos la misma especie de planta pero poco desarrollada. Esta observación nos hace plantear el problema: ¿Qué es lo que favorece el crecimiento de una planta? ¿De qué depende su desarrollo?
¿Qué variables relacionas con el problema?	1. especie de la planta; 2. temperatura ambiente; 3. abono; 4. agua; 5. tipo de suelo; 6. edad de la planta; 7. luz.
¿Cuál es la variable dependiente?	El crecimiento.
¿Qué variable independiente escogerías?	El abono.

Si	*Hipótesis*	entonces	*Deducción*	
	Formulación		Acción (v.i.)	Resultados (v.d.)
	El abono favorece el crecimiento de las plantas.		*Abonaré las plantas cada 5 días durante dos meses.*	*Las plantas crecerán más.*

(.../...)

Diseño de la investigación

Condiciones	¿Qué variables fijarás? ¿Cómo las definirás o medirás?	*1. La especie:* Lens culinaris. *2. La temperatura: ambiente.* *3. El agua: la misma calidad y cantidad.* *4. La edad: la misma en todas la plantas. Empezaré desde la semilla.* *5. El tipo de suelo: tierra para plantas de exterior.* *6. Luz: la misma orientación.*
Acción	¿Cómo medirás o definirás la variable independiente (v.i.)? ¿Qué valores o tratamiento investigarás?	*El abono será especial para plantas de exterior. Abonaré las plantas con el mismo tipo de abono y con la misma cantidad: 2cc cada 5 días.*
Resultados	¿Cómo medirás o definirás la variable dependiente?	*Cada 2 días mediré en cm. Desde la base del tallo a la punta.* *Confeccionaré una tabla con los datos.*
Control	¿Es del tipo comparativo? ¿Cómo influye la v.i.? ¿Es del tipo "Con... o sin..."? ¿Influye o no la v.i.?	*No.* *Sí, es del tipo con o sin abono*
Réplicas	¿Qué número de réplicas propones?	*10 plantas (5 con abono y 5 sin abono)*
Material	¿Qué material necesitarás para realizar tu investigación?	*10 macetas.* *Tierra para plantas de exterior (para las 10 macetas).* *Abono.* *10 semillas de* Lens culinaris *(lentejas).*

Fuente: Equipo Ciencias, 12-16 del ICE de la UAB, 1995.

c.2) Dependen del grado de apertura

Al mismo tiempo una práctica puede diseñarse teniendo en cuenta distintos grados de apertura. M. Herron propuso en 1971 una clasificación distinguiendo entre cuatro niveles de apertura o indagación:

- Nivel *cero,* en el que se da al alumnado la pregunta formulada, el método que debe seguir y también los resultados que obtendrán.
- Nivel *uno,* en el que se dan todos los apartados menos los resultados.
- Nivel *dos,* en el que se da sólo la pregunta.
- Nivel *tres,* en el que se indica al alumnado un fenómeno o una situación y a partir de ella debe formularse la pregunta, proponer un método de análisis y recoger los resultados y deducir conclusiones.

Las prácticas de nivel 0 no tienen ningún interés, ya que no hay una pregunta a responder. Los estudiantes se limitan a manipular sin realizar ninguna actividad intelectual. El cambio de nivel, además de un cambio en el guión del trabajo a realizar (cuadro 9.9), comporta un cambio en sus objetivos didácticos.

Cuadro 9.9. *Guiones de nivel 0 y 2 correspondientes a una actividad práctica similar.*

Guión de observación: las raíces

1. Toma granos de trigo, judías, maíz, habas y humedécelos para hacerlos germinar.

   a) Pon semillas sobre una tela metálica que se sostenga en la superficie del agua con cuatro corchos.
   b) Coloca las otras semillas dentro de un bote con serrín o arena húmeda.

   Dibuja los dos sistemas cada 2 o 3 días (la germinación sobre el agua te permitirá observar el crecimiento de las raíces y de su ramificación, y, la que se produce en el serrín, su penetración).

2. Pon un trozo de mármol pulido dentro de una caja, tápalo con musgo, granos de trigo, y otra vez musgo. Mantenlo húmedo. Cuando las semillas hayan germinado y las plantas se hayan formado levántalo y observa la superficie del mármol. Dibuja las señales que las pequeñas raíces seguramente habrán dejado debido a los ácidos que segregan.

   ¿Todas las raíces son iguales? ¿Todas crecen en la misma dirección?
   ¿Cómo es posible que algunas plantas crezcan en zonas muy rocosas?

3. Dispones de semillas de trigo, judías, maíz y habas. Diseña un experimento que te permita comparar las raíces de estas plantas.
   Describe las similitudes y diferencias entre ellas.
4. Investiga la dirección en la que crecen las raíces cuando se inclina la vasija que contiene las semillas cuya germinación ya se ha iniciado.
5. Investiga si cuando unas semillas de trigo germinan sobre un mármol pulido se observa algún cambio en el mármol.
   ¿Cómo explicas los resultados obtenidos?
   Escribe la respuesta a las preguntas iniciales.

A lo largo de un curso será importante que los estudiantes lleven a cabo trabajos prácticos de los niveles 1 al 3, ya que a través de ellas los estudiantes podrán desarrollar distintas capacidades. Generalmente, las de nivel 3 requieren más tiempo, por lo que sólo se podrán realizar algunas. Para evaluar el nivel de las prácticas propuestas y el tipo de procedimientos que se pide que los estudiantes pongan en práctica es útil el guión que se muestra en el cuadro 9.10.

Cuadro 9.10. *Cuestionario para la evaluación de las prácticas de laboratorio.*

Inventario de procedimientos que en el guión de prácticas, explícitamente, se pide que realicen los alumnos

1. Planificación y diseño. El alumno:

1.1. Formula una pregunta o define un problema que se tiene que investigar.
1.2. Predice resultados experimentales.
1.3. Formula hipótesis que se tienen que comprobar en esta investigación.
1.4. Diseña el método de observación.
1.5. Diseña un experimento.
  1.5.1. Encuentra la variable dependiente.
  1.5.2. Encuentra la variable independiente.
  1.5.3. Diseña el control.
  1.5.4. Hace encajar el diseño experimental con la hipótesis que tiene que comprobar.
  1.5.5. Hace un diseño completo (incluyendo repeticiones del experimento, por ejemplo).

2. Realización. El alumno:

2.1. Hace observaciones y mediciones.
  2.1.1. Hace observaciones cualitativas.
  2.1.2. Hace observaciones cuantitativas.
2.2. Utiliza aparatos, aplica técnicas.
2.3. Consigna resultados, describe las observaciones.
2.4. Realiza cálculos numéricos.
2.5. Explica procedimientos.
2.6. Coopera con otros estudiantes.

3. Análisis e interpretación. El alumno:

3.1. Organiza y estructura los datos.
  3.1.1. Presenta los datos en tablas o diagramas.
  3.1.2. Dibuja gráficos con los datos.
3.2. Deduce interrelaciones, extrae conclusiones.
  3.2.1. Deduce relaciones cualitativas
  3.2.2. Deduce relaciones cuantitativas.
3.3. Analiza el grado de exactitud y precisión de los resultados experimentales.
3.4. Define o examina las limitaciones y/o los supuestos inherentes al experimento.
3.5. Formula generalizaciones o propone modelos.
3.6. Explica interrelaciones.
3.7. Formula nuevas preguntas

4. Aplicación. El alumno:

4.1. Formula hipótesis o predicciones basadas en los resultados de esta investigación
4.2. Aplica las técnicas experimentales a un problema nuevo.
4.3. Aplica los resultados experimentales a un nuevo contexto.

Fuente: Tamir, P. y Lunetta, J. (1978): "An analysis of laboratory activities in the BSCS". *American Biology Teacher,* 40: 426-428.

D) Tipos de organización del trabajo experimental

En el laboratorio o en el aula se pueden plantear formas organizativas diversas en función tanto del tipo de trabajo práctico como del material disponible, del espacio y del tiempo. Algunas posibles organizaciones son:

- La misma práctica es realizada en pequeños grupos (que es recomendable que no estén formados por más de cuatro alumnos). La ventaja es que el guión es común, así como buena parte de los problemas que surgen.
- Toda la clase responde al mismo problema, pero cada grupo investiga un aspecto diferente. Por ejemplo, las condiciones de crecimiento de semillas, microorganismos o plantas, o el efecto de una atmósfera ácida sobre distintos materiales. También puede ser que cada grupo realice una medida y posteriormente se pongan en común los resultados, analizando el papel del error en la experimentación o identificando alguna regularidad como, por ejemplo, la densidad como propiedad característica que relaciona masa y volumen de una sustancia. En este tipo de prácticas es muy importante la comunicación de los resultados entre grupos.
- *Rueda de experimentos* en la que cada grupo realiza un experimento distinto y van pasando de una práctica a la siguiente. La ventaja es que no se necesita mucho material. Es útil, por ejemplo, para el aprendizaje de técnicas concretas (métodos de separación de sustancias), la observación de preparaciones microscópicas diversas, la identificación de propiedades de los materiales (conductividad eléctrica o calorífica, dilatación, dureza...).

  En este tipo de organización es importante que el tiempo necesario para la realización de cada trabajo práctico sea similar, y que los materiales y aparatos necesarios estén ya preparados con anterioridad.
- *Demostraciones* en las que el profesor (generalmente con ayuda de algunos alumnos que intervienen puntualmente) realiza el trabajo práctico para todo el grupo.
- *Trabajo individual,* necesario cuando se trata de aprender algún procedimiento o técnica específicos como, por ejemplo, enfocar un microscopio, utilizar una balanza o preparar un disolución. Como es difícil disponer del material necesario, se pueden organizar equipos de forma que el profesor enseña su uso a unos alumnos y éstos a otros, en cadena. El último lo explica de nuevo al profesor. Se puede combinar esta organización con la de la *rueda de experimentos* o, sencillamente, prever actividades distintas para los alumnos que han de esperar su turno.

La estructura del laboratorio también puede ser distinta. La organización clásica, con mesas fijas, no es la más recomendable porque no favorece la interacción ni

entre los miembros de un grupo, ni de todo el grupo-clase. Un ejemplo interesante es el expuesto en la figura 9.1:

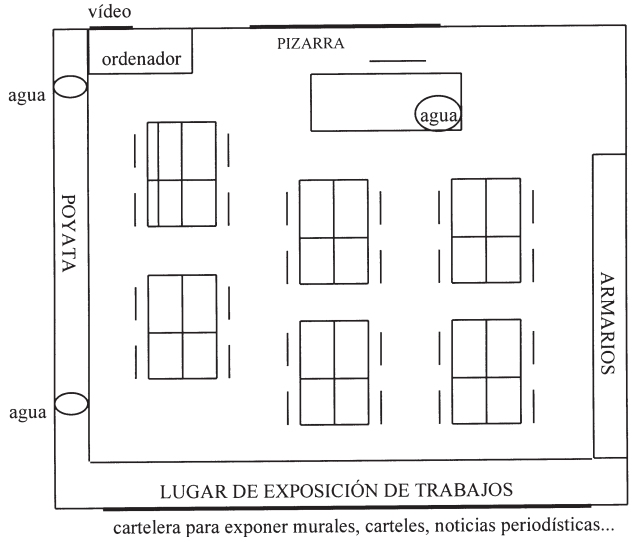


Figura 9.1. Modelo de estructura de laboratorio.

9.3. La actividad de "explicar"

> *Explicar algo es haber llegado a entenderlo de tal manera que sea uno capaz de hacer que otro lo entienda.* Wartofsky, M. W. (1976): *Introducción a la filosofía de la Ciencia.* Madrid. Alianza, p. 315.

El profesorado acostumbra a pensar que su explicación es la actividad más importante para promover el aprendizaje de sus alumnos. También los alumnos aprecian una buena "explicación". Pero se sabe mucho menos sobre el acto y la manera de explicar en clase que sobre las ideas científicas que se desea comunicar.

De hecho, bajo el concepto de *explicar* se engloban acciones del profesorado con finalidades muy distintas, ya sea dar a conocer el procedimiento que se ha de seguir para hacer algo (cómo medir el volumen de los líquidos) o resolver un problema, describir fenómenos o teorías (la composición del agua del mar, la teoría cinético-molecular de la materia), argumentar la idoneidad de un modelo o de un valor (por qué nos imaginamos la materia formada por átomos), justificar teóricamente un hecho (por qué mientras el agua hierve la temperatura no varía), etc. A través de

ellas se ejerce la función de mediador cultural, es decir, se promueve que un conocimiento propio de los expertos pueda ser comprendido (reconstruido) por los que aprenden.

Sin embargo, esta reconstrucción no tiene lugar de forma significativa si a su vez el alumno no ejerce también la actividad de explicar, es decir, si no comunica su forma de entender, ya sea a los compañeros, al profesorado, a los familiares o a los amigos. De hecho, en algunos casos las explicaciones de alumnos y las de su profesor o profesora se interrelacionan tanto que es difícil decir dónde empiezan unas u otras.

Generalmente, un profesor es consciente de que entiende algo precisamente cuando lo explica a sus alumnos, ya que tiene que organizar un discurso coherente y con sentido. De la misma forma, un alumno empieza a comprender cuando tiene que explicar algo, ya sea oralmente o por escrito. Comunicarse con alguien exige un esfuerzo de adaptación y de autorregulación de las formas de expresarse. Las interacciones que tienen lugar, aunque sean sólo miradas o gestos, favorecen esta regulación, con lo que mientras una persona está hablando o escribiendo va tomando conciencia de que cada vez comprende mejor la idea a expresar.

En este apartado, analizaremos características de:

a) Las explicaciones del profesorado, recogiendo ideas expresadas por Ogborn *et al.* (1998).
b) Las explicaciones del alumnado a partir de Izquierdo y Sanmartí (1999).

A) Las explicaciones del profesorado

Las explicaciones que se dan en la clase de ciencias pueden asimilarse a historias, en las que hay siempre:

- Unos *protagonistas* que tienen sus propias capacidades y gracias a los cuales "algo" puede suceder.
- Estos protagonistas conectan una serie de hechos.
- Tales hechos tienen unas consecuencias que son debidas a la naturaleza de los protagonistas y a la de los hechos.

Por ejemplo, para explicar por qué no varía la temperatura del agua mientras hierve necesitaremos unos protagonistas, que pueden variar según el nivel de la explicación: las partículas que se mueven, se pueden unir o separar, se distribuyen en el espacio de una forma determinada..., la energía, que también "tiene" unas propiedades, la presión atmosférica... Estos protagonistas se relacionan con hechos, tales como que, según la temperatura, tenemos agua en estado líquido o en estado gaseo-

so, que mientras el agua hierve se observan burbujas en todo el líquido, que la temperatura del agua al hervir a la presión atmosférica normal es de 100 °C, etc. Estos hechos tiene una consecuencia: la temperatura del agua no varía mientras hierve, que se puede relacionar con los protagonistas y con los otros hechos destacados.

La historia final ha de *tener sentido,* ha de ser coherente y, al mismo tiempo, ha de estar conectada con el mundo real. Numerosos estudios muestran que muchos de los problemas de comprensión de los que escuchan o leen algo se deben al hecho de que no se conecta el texto con un objeto o una situación conocida o a que se establecen conexiones no deseadas. Por ejemplo, se ha comprobado que el profesor puede hablar de la dilución del ácido clorhídrico concentrado, pero, si los estudiantes no lo han observado y manipulado, no se lo imaginan fácilmente. Aunque a un profesor experto le parezca imposible, se imaginan poco el fenómeno de la dilución y, mucho menos, que la cantidad de soluto no varíe.

Para entender la situación en la que se encuentra un alumno cuando escucha a un profesor o lee un texto sobre algo desconocido es interesante intentar reescribir el texto cambiando las nuevas palabras por otras sin sentido (cuadro 9.11).

Cuadro 9.11. *Reescritura de un apartado de un libro de texto cambiando las palabras-clave.*

¿Cómo se unen los lacus?

Ya sabes que los lacumoles de los materiales están unidos en los sólidos y en los líquidos y que es necesario dar energía para separarlos. Los lacumoles están formados por lacus unidos fuertemente y también se necesita energía para separarlos.

También sabes que todos los materiales están formados por lacumoles; algunos están formados por cumos y otros por grandes estructuras de muchos lacus unidos fuertemente entre ellos; pero en todos los casos se necesita energía para deshacer la estructura, es decir, para romper los enlaces.

Asimismo, sabes que las cargas eléctricas positivas y negativas se atraen; cuando están juntas, es necesario dar energía para separarlas. Si relacionas todas estas afirmaciones podrás comprender cómo se produce la unión entre lacus, es decir, el enlace.

Dos o más lacus quedan unidos cuando los oles de cada uno de ellos son atraídos a la vez por dos o más cumos. Como resultado de esta atracción, las cargas positivas, los cumos, y las cargas negativas, los oles, se acercan, la energía disminuye y los lacus quedan unidos: para separarlos se necesita energía. La energía necesaria para separar dos lacus es la energía de enlace.

Muchas veces las historias se expresan matemáticamente, gráficamente o a través de esquemas y dibujos. El profesor de Ciencias utiliza mucho en sus explicaciones representaciones y gestos en los que hay muchos implícitos. La relación entre un

esquema dibujado en la pizarra y su significado no siempre es evidente, como por ejemplo, al dibujar un tubo para hablar del "tubo digestivo". Otras veces puede utilizar un mismo signo para representar ideas distintas: un círculo pequeño puede representar una molécula, un átomo o un protón, y, una flecha, fuerzas, cambios de estado, flujos de energía y muchas otras cosas. Los alumnos han de aprender a dar significado a todas estas formas de expresión.

Otra característica importante del discurso en el aula (y del de los libros de texto) es que, aunque muchos de los conceptos son teóricos, se habla de ellos como si se pudieran ver y tocar: átomos, nicho ecológico, campo eléctrico...

Al analizar las explicaciones del profesorado se pueden identificar cuatro procesos utilizados para crear significados:

a.1) El establecimiento de diferencias.
a.2) La construcción de entidades.
a.3) La reelaboración del conocimiento.
a.4) La creación de significados.

a.1) El establecimiento de diferencias

En una explicación se busca, en primer lugar, crear diferencias entre lo que el alumnado conoce y lo que necesita conocer para tener éxito en su aprendizaje. Si al estudiante le parece que lo que se va a explicar ya lo sabe, no estará activo intelectualmente y "desconectará".

Utilizando medios muy diversos el profesor pretende comunicar de qué se va a hablar y por qué. Hemos visto la importancia de compartir objetivos en el aula, ya que es necesario conectar lo nuevo con algo conocido que habrá que reestructurar. Pero no se trata tanto de nombrarlos como de provocar que el alumnado se los represente contrastanto lo que ya sabe y lo que se espera que sepa, planteando las diferencias entre el conocimiento histórico o cotidiano y el actual, anunciando su utilidad, sorprendiendo con algún experimento, etc. (figura 9.2).

Lo más importante es poner de manifiesto las diferencias entre lo que el alumno piensa que sabe y lo que necesitará para elaborar su propia respuesta. Pero estas diferencias tampoco pueden ser tan grandes que desanimen a escuchar y a participar activamente en el diálogo que se pueda generar. Toda diferencia genera tensiones: el que enseña sabe más, tiene más experiencia y conoce reacciones de los que aprenden, su interés es que los alumnos aprendan mientras que la mayoría de ellos sólo quieren aprobar y, lo que es muy importante, el profesor tiene más poder. Estas tensiones son el punto de partida para aprender, siempre que no provoquen que la comunicación se rompa.

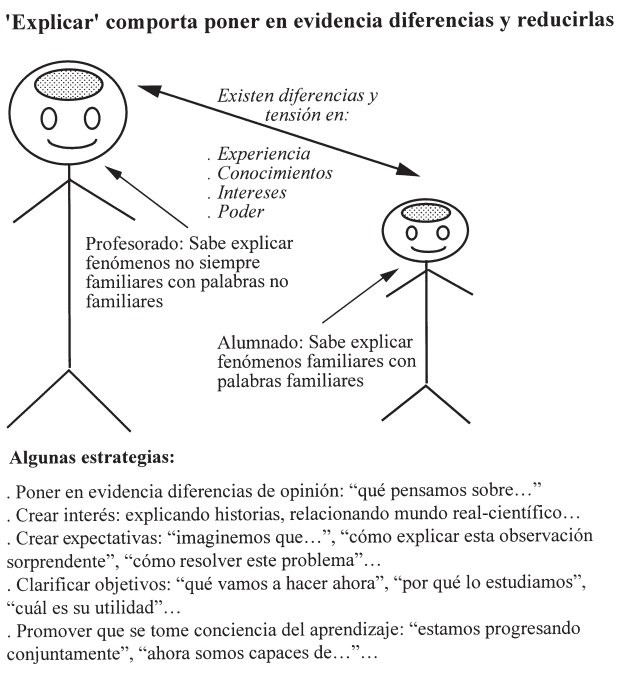


Figura 9.2. Esquema sobre el establecimiento de diferencias.

a.2) La construcción de entidades

Al explicar, se han de introducir protagonistas que normalmente no son conocidos por los alumnos, ya sean ideas, ya sean hechos o relaciones entre ellos. Son *entidades* o "trozos de significado" con los que habrá que pensar para poder explicar algo, pero no son "cosas" para pensar sobre ellas. Esta diferencia es importante, ya que muchas veces se cree que lo importante de una explicación es la entidad introducida, cuando en realidad ésta tiene sentido si es útil para comprender. Por ejemplo, no es importante saber sobre el átomo si no se sabe utilizar para explicar fenómenos.

Las relaciones entre estas entidades y los hechos no son evidentes. El alumno observa que el "gas" se quema, pero el profesor habla de combustión, de oxígeno, dióxido de carbono y agua, de cambio químico, energía, moléculas, enlaces, etc. Tampoco es fácil relacionar hechos que se explican en buena parte con las mismas entidades como, por ejemplo, la combustión del butano con la "combustión" de los alimentos en el interior del cuerpo. Por ello, muchas veces, la principal tarea del profesorado al expli-

car es dar a conocer y describir los protagonistas de la historia que se habrá de aprender a contar.

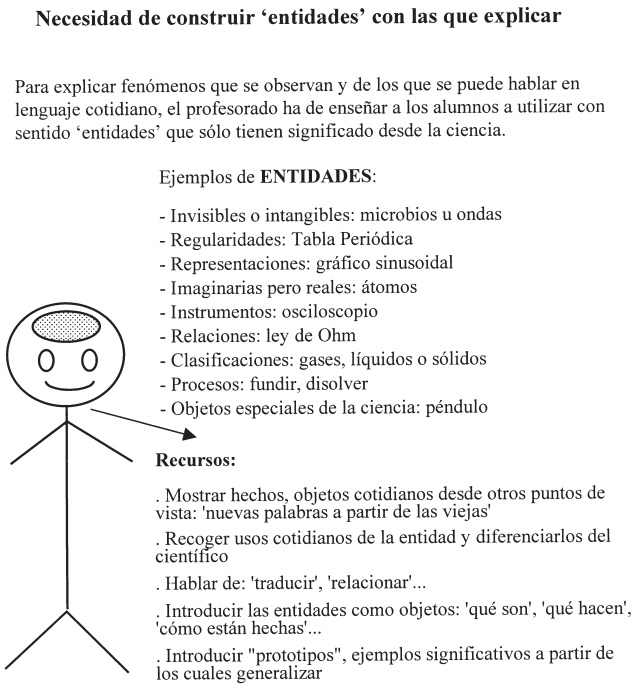


Figura 9.3. Esquema sobre la construcción de entidades.

a.3) La reelaboración del conocimiento

El conocimiento se va transformando continuamente en la escuela. Los alumnos tienen sus concepciones, que van evolucionando, y las mismas entidades introducidas van cambiando de significado. Evoluciona la idea de cambio químico o cómo se explica el crecimiento de una planta. Una explicación del profesorado no consiste, pues, en transmitir ideas para que los estudiantes las repitan, sino en proporcionar "materiales" que les ayuden en la *reelaboración* del conocimiento, a su transformación constante.

Para promover esta reelaboración se utilizan narraciones, experiencias personales, historias de descubrimientos, comparaciones, analogías, metáforas... Por ejemplo, muchas palabras científicas son metáforas (oxígeno, célula, lente...) y al explicar se compara el ojo con una cámara fotográfica o a las hormonas con un director de

orquesta. Por medio de estos recursos se *traducen* entidades que todo el mundo puede identificar fácilmente en otras que forman parte de un modelo científico, pero con las que es difícil reconocer inicialmente la relación.

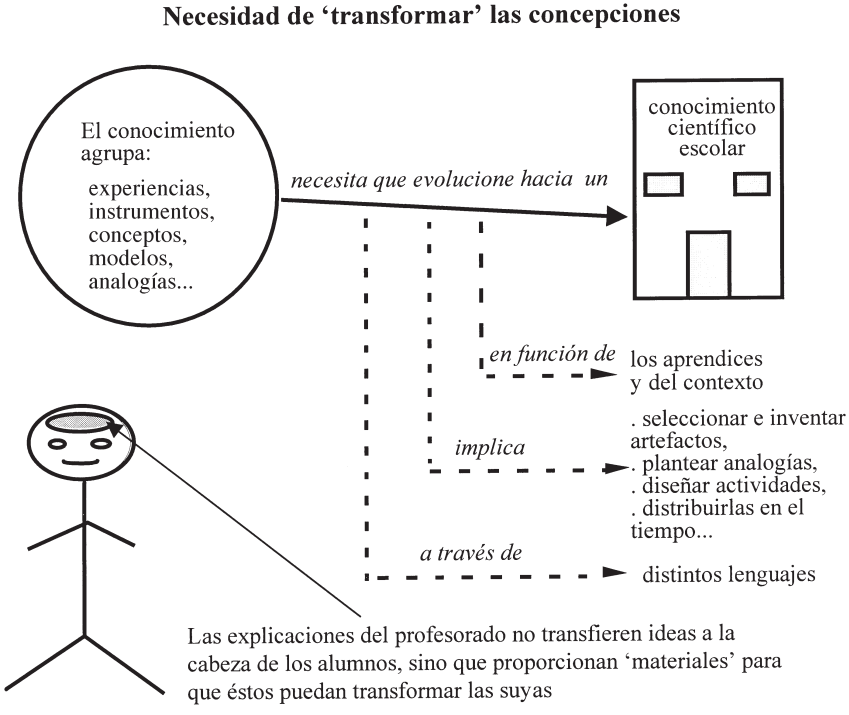


Figura 9.4. Esquema sobre la reelaboración del conocimiento.

a.4) La creación de significados a partir de la demostración

Las teorías científicas se han de correlacionar con los hechos de forma convincente. Pero las apariencias engañan (la energía se acaba, se necesita ejercer una fuerza para mantener un objeto en movimiento, parece que los gases no pesan) y los experimentos no "salen" bien. A través de la explicación el profesor intenta *demostrar* que el mundo se comporta tal como la teoría dice que lo hace.

En las clases de Ciencias se utilizan los resultados de las observaciones para comprender la teoría y, viceversa, se emplea la teoría para entender las observaciones. Hay experiencias escolares paradigmáticas, que todos los libros reproducen con la finali-

dad de demostrar la teoría. Pero, generalmente, sólo tienen sentido cuando ésta es conocida. En la explicación, el profesorado intenta poner de manifiesto sólo lo relevante y la forma de observar, más que la observación propiamente dicha. Las demostraciones son, por tanto, interesantes momentos de tensión entre lo que se supone que sucede y lo que realmente sucede.

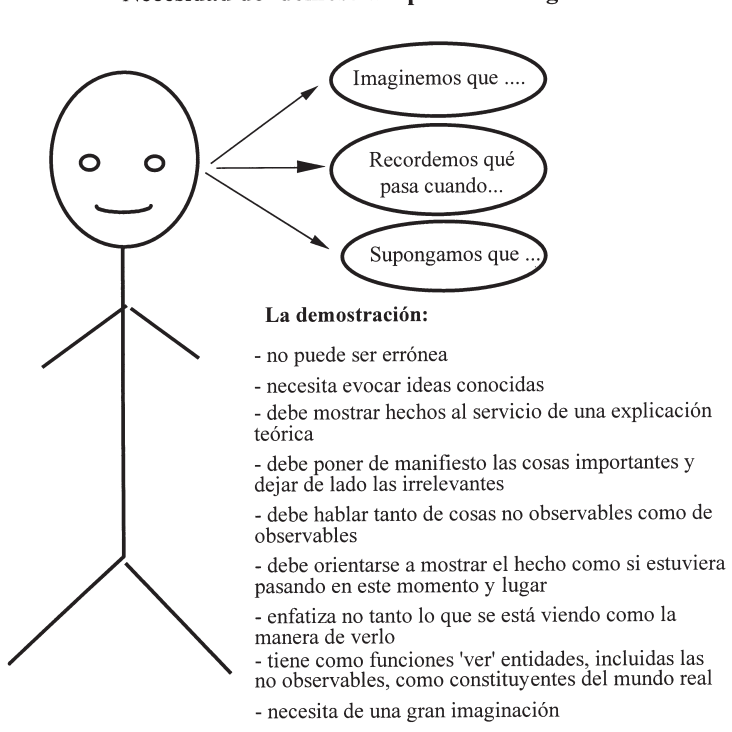


Figura 9.5. Esquema sobre la creación de significados a partir de la demostración.

Un modelo científico tarda días en ser explicado de forma que los alumnos lo puedan ir construyendo. Generalmente, se combina con la realización de otras actividades, como son los trabajos prácticos o ejercicios de tipos muy diversos. Las observaciones hechas o las opiniones expresadas por los alumnos son incorporadas a la explicación con alguna de las cuatro finalidades indicadas. Cuanta más interrelación haya entre lo que el alumnado ha hecho y piensa y lo que se explica, más probalidades hay de que se genere un aprendizaje.

El reto del profesorado es promover que, mientras está hablando, los estudiantes vayan estableciendo interrelaciones entre su pensamiento y lo que se dice. Hay clases extraordinariamente *activas* en las que sólo se oye el discurso del profesorado, y lo son porque los que escuchan están conectando lo que se dice con sus propias ideas, contrastándolas y evaluándolas. En cambio, a veces clases muy manipulativas son poco activas, en el sentido de que el alumnado realiza su actividad de forma "reproductiva", sin reflexionar.

Cada profesor tiene su propio estilo de explicar. Los principales tipos son:

- *Vamos a pensarlo juntos:* caracterizado por la capacidad del profesorado de estimular que las alumnas y alumnos expresen sus ideas, y de utilizar éstas en la explicación. Plantea muchas preguntas y da pocas respuestas, pero recoge y sintetiza lo más significativo de lo que se va diciendo.
- *El narrador de cuentos:* utiliza la narración para atraer el interés de los estudiantes. Explica historias y anécdotas sobre el descubrimiento de las ideas de la ciencia y utiliza los ejemplos y analogías para conectar el conocimiento cotidiano con el científico.
- *Dilo a mi manera:* es el estilo que consiste en estimular la precisión en el uso del lenguaje de la ciencia. El profesorado da a conocer el significado de los nuevos términos con ayuda de ejemplos y metáforas, y el diálogo que promueve se caracteriza por traducir lo que va diciendo el alumnado o por pedir que se diga la palabra o la expresión correcta.
- *Míralo a mi manera:* es el estilo que centra la explicación en poner de manifiesto las diferencias entre formas de ver y de explicar distintas a las admitidas actualmente por la ciencia. Puede hablar sobre cómo se explicaba algo en el pasado o cómo se explica cotidianamente, todo con la finalidad de atraer el interés por el nuevo conocimiento.

Aunque se pueden combinar estos estilos de explicar, cada profesor o profesora tiene un estilo dominante. Todos son interesantes en relación con la finalidad de estimular que los estudiantes se apropien de las formas de percibir, de razonar y de hablar de la ciencia, aunque cada uno potencia más un aspecto que otro. Los alumnos, para aprender, tienen, por tanto, que conectar no sólo con lo que se dice, sino con la forma como se dice, cosa no fácil para muchos.

B) Las explicaciones de los alumnos y alumnas

En el aula, la actividad de explicar no la realiza sólo el profesorado, sino también los alumnos, a los que se pide que expresen sus ideas oralmente o por escrito. La acti-

vidad tiene una doble función mediadora: estimular a los que aprenden para que "pongan en forma" lo que han oído o leído y lo que piensan, y favorecer la regulación interactiva contrastando las distintas explicaciones y sugiriendo cambios.

La expresión verbal de las ideas posibilita tanto su organización como que se puedan discutir y validar, contribuyendo todo ello a la construcción del conocimiento. De la misma forma que los científicos exponen sus ideas en congresos y publicaciones con la finalidad de que la comunidad científica las evalúe, los estudiantes dan a conocer las suyas en el marco de actividades didácticas.

El lenguaje científico tiene unas características bien determinadas: es preciso, no ambiguo, riguroso, formal, impersonal y a menudo hipotético. Las ideas han de estar bien fundamentadas y organizadas. Se aprende sólo en la escuela, ya que es distinto del lenguaje utilizado en el contexto cotidiano. Sin embargo, no se puede confundir el aprendizaje del lenguaje de la ciencia con el de su vocabulario específico, a pesar de que, tal como algunos estudios han puesto de relieve, se pueden aprender más palabras nuevas en una hora de clase de Biología que en otra de inglés de un mismo curso.

El lenguaje científico se aprende pensando, leyendo, hablando y escribiendo. Por eso es tan importante que se realicen actividades de este tipo en el aula. Si analizamos las demandas que se hacen a los alumnos en las clases de Ciencias observaremos que la mayoría se refieren a que "expliquen" algo. Los verbos o expresiones utilizadas pueden ser diferentes: describe o explica qué es o qué ha pasado, explica por qué, razona, expón, argumenta, justifica, interpreta, resume, define, analiza, valora, etc. El significado de estas acciones tiene muchos aspectos en común y otros que las diferencia, pero pocas veces se discute con el alumnado qué quiere decir dar respuesta a estas demandas, cuáles son sus características o cómo llevarlas a cabo.

Toda explicación es relativa, porque depende del reconocimiento previo de un problema o pregunta y de los conocimientos a los que darán lugar las explicaciones. Por ejemplo cuando se plantea la pregunta "Explica qué ha pasado cuando hemos mezclado el azúcar con el agua", las respuestas pueden ser bien diversas: "Se ha disuelto" o "Las partículas de azúcar se han repartido entre las partículas de agua", y si pedimos que justifiquen "por qué ha pasado este fenómeno" las respuestas también pueden ser distintas, mostrando diversos grados de profundización: "Porque el agua es un buen disolvente de sustancias como el azúcar", "Porque se han roto los enlaces entre las moléculas que forman cristales de azúcar debido a que la atracción entre las moléculas de agua y las de azúcar es mayor que la que hay entre las de azúcar" o "Porque al poner en contacto azúcar y agua, el sistema tiende espontáneamente a un estado de máximo desorden (entropía)".

De hecho, la expresión *"se ha disuelto"* dicha por un experto, incluye a todas las otras y es una buena explicación para uno mismo. En cambio, esta frase puede ser utilizada miméticamente por el estudiante sin que para él tenga ningún valor explicativo. En las clases de Ciencias, las "buenas" explicaciones exigen realizar redaccio-

nes amplias en las que se utilicen *entidades* nuevas como las "partículas", "moléculas", "enlaces", "entropía", etc. y darles sentido al interrelacionarlas para construir el texto correspondiente.

Este ejemplo pone de manifiesto que, cuando se pide en el aula una explicación científica de algún fenómeno, siempre se tiene que reformular la descripción de las observaciones realizadas utilizando términos que provengan del contexto científico, es decir, de las teorías o modelos teóricos aceptados en aquel momento. De hecho, toda explicación científica requiere traducir una forma de expresar hechos o ideas cotidianas a otro lenguaje inicialmente desconocido (figura 9.6). En un texto científico se *transforman* entidades que todos pueden identificar fácilmente en otras que forman parte de un conjunto más amplio pero con las que no todo el mundo ve la relación inicialmente (decimos, *"es como"*), o que son abstractas (átomos, entropía...) y que sólo tienen sentido en el marco de los modelos teóricos.

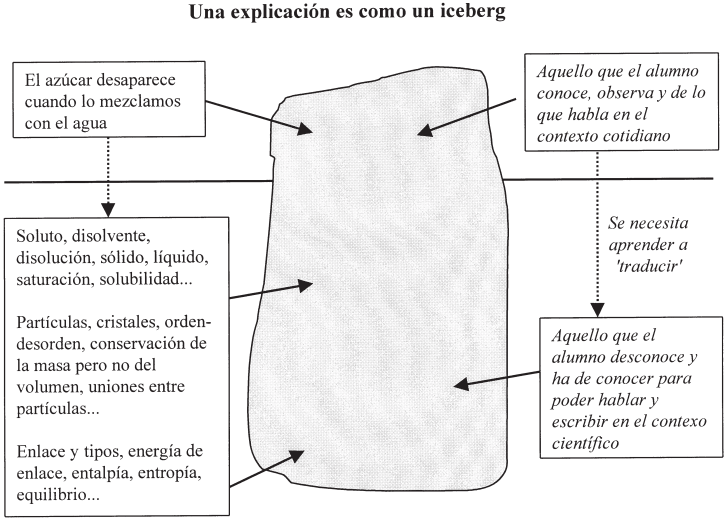


Figura 9.6. Explicar científicamente implica "traducir".

Muchos alumnos no llegan a ser conscientes de este proceso. A menudo sus explicaciones utilizan entidades del mismo nivel que los hechos o ideas que pretenden explicar y, en consecuencia, no construyen explicaciones válidas en el contexto de las clases de ciencias. Por eso muchos profesores preguntan el *"porqué del porqué"*, es decir, estimulan *traducciones* a distintos niveles.

Por ejemplo, un alumno que, a la pregunta: "¿Por qué un árbol pesa hoy 100 kg más que hace 20 años?", responde diciendo: "Porque se ha hecho más grande", está

utilizando un argumento tautológico, ya que la razón que da y el hecho que intenta explicar son entidades del mismo nivel. Por tanto, desde el punto de vista científico no explica nada, aunque la frase está bien construida si se analiza gramaticalmente. Explicar, en este caso, implicaría *traducir,* en un primer nivel, la idea "pesa más" a las ideas "aumento de masa" y "aumento de la cantidad de materia" y hablar de procesos como el de la "fotosíntesis". Estos conceptos forman parte de un modelo teórico científico.

Sólo cuando el alumnado elabore textos utilizando ideas que relacionen dos niveles distintos (apropiados a su capacidad explicativa que, como ya hemos dicho, es siempre relativa) tendrá posibilidades de aprender. Por ejemplo, para explicar el aumento de la masa de un árbol, un estudiante puede especificar razones diferentes: la absorción de agua, la materia aportada por los abonos, los gases (dióxido de carbono), etc. Y es a partir de estas razones cuando la experimentación y/o la discusión puede comportar una evolución de las ideas. En cambio, es difícil pensar que, para un alumno que ha elaborado una seudoexplicación de tipo tautológico, tenga sentido plantear hipótesis ni experimentar o discutir su afirmación, ya que ésta es evidente en sí misma. Por tanto, este alumno sería incapaz de explicar científicamente.

De las reflexiones anteriores se deduce que, para el alumnado, no es fácil aprender a elaborar explicaciones científicas y que es necesario promover el desarrollo de esta capacidad en nuestras clases. A continuación, se analizan algunos de los géneros lingüísticos más utilizados en las clases de Ciencias y se sugieren formas de facilitar su aprendizaje:

b.1) La descripción.
b.2) La definición.
b.3) La explicación.
b.4) La justificación.
b.5) La argumentación.

Estos géneros son comunes a otras disciplinas, por lo que el sentido en el que se usará el concepto de explicación será más reducido que el que se acostumbra a dar desde la ciencia. En el marco de esta última, como hemos visto, los textos científicos siempre pretenden "explicar".

b.1) La descripción

Describir es producir enunciados que enumeren cualidades, propiedades, características, etc., de un objeto, organismo o fenómeno. Al hacerlo se concreta la "for-

ma de mirar" el hecho objeto de estudio, los aspectos en los que se centra la observación. Esta mirada está condicionada por la finalidad de la observación y depende del marco teórico de referencia, aunque al mismo tiempo sirve para construirlo.

Por ejemplo, al describir una flor en una clase de Ciencias será importante hacer referencia al pistilo y a los estambres. En cambio, en una floristería generalmente no se describen estas partes de la flor y, en cambio, puede ser importante hacer referencia al olor, al color o a la textura de los pétalos como variables más importantes. Discutir con los alumnos las razones de estas diferencias favorece la construcción del concepto de flor, así como el buscar las palabras para nombrar las partes y aprender a utilizarlas con precisión. La actividad del cuadro 9.12 está orientada a esta finalidad.

Cuadro 9.12. *Diferencias entre tipos de descripciones*.

Una misma realidad, pero distintas descripciones

1. Imagínate que eres poeta. Describe el cielo que ves por la ventana.
2. Imagínate que eres meteorólogo/a. Describe el cielo que ves por la ventana.

Esta actividad puede ser útil para deducir las diferencias entre descripciones en función de su finalidad comunicativa.

En una descripción hay, pues, una gran carga teórica. Por ejemplo, se puede describir lo que sucede cuando se mezcla azúcar y agua, diciendo que "el azúcar ha desaparecido" o que "el azúcar se ha disuelto". De hecho, lo que se observa es que el azúcar deja de verse, pero esta descripción no se considera válida en una clase de Ciencias, porque refleja concepciones alternativas. En cambio, decir que se ha disuelto o que se ha repartido por toda el agua sí que se consideraría una buena *descripción-explicación* científica, ya que el hecho se describe a partir de un modelo propio de la ciencia.

En un texto científico, las descripciones utilizan las variables que forman parte del modelo teórico. Si se describe cómo crece un árbol, se hablará del aumento de masa y no de las variaciones de color, por ejemplo. La principal dificultad en que se encuentra el alumnado en la elaboración de descripciones científicas es, pues, seleccionar las características o variables más significativas del objeto o fenómeno en relación con lo que se quiere conocer, porque, o bien no sabe el marco teórico, o bien reconoce que lo tiene que utilizar. Por ejemplo, al pedir a los alumnos que describan las limaduras de hierro se pueden referir a su forma: "alargadas", "esféricas"... , o a la distribución en el recipiente que contiene las sustancias: "las limaduras de hierro están

en medio del vidrio de reloj", variables muy poco relevantes. En cambio, no acostumbran a especificar en su descripción que el hierro es atraído por un imán.

Otro de los problemas es que los estudiantes mezclan frecuentemente observaciones con inferencias y tienen problemas para diferenciar entre lo que ven y lo que piensan que sucede. Conviene reconocer, sin embargo, que a menudo es difícil establecer un límite preciso entre una observación y una inferencia. Por ejemplo, cuando se dice que el azúcar se disuelve en el agua, la expresión puede ser aceptada como una descripción, pero, cuando dicen que la aspirina se disuelve en el agua, lo consideramos una inferencia. De hecho, muchos términos utilizados para describir tienen una gran fuerza explicativa. El cuadro 9.13 reproduce una actividad diseñada para discutir sobre la relevancia de las observaciones.

Cuadro 9.13. *No todas las observaciones son igualmente relevantes.*

¿Qué le pasa al azúcar al mezclarlo con el agua?

Discutir, en pequeño grupo, qué aspectos, entre los que se observan al mezclar azúcar con el agua, y los que queráis añadir, pueden ser relevantes (importantes) para escribir una descripción científica del fenómeno. Finalmente, redactar individualmente la descripción.

- El azúcar desaparece.
- La disolución final es transparente.
- Los cristales de azúcar se van haciendo más pequeños al remover el agua.
- La disolución final tiene gusto dulce.
- Inicialmente había 5 g de azúcar y 100 ml de agua.
- Al principio se observan unos cristales de azúcar en el fondo del vaso pero luego no se ven.
- Cuanto más se remueve el agua, más rápidamente dejan de verse los cristales de azúcar.
- La disolución final es incolora.
- En la disolución final sólo se ve agua.
- Al principio se ven los cristales de azúcar, pero al final no.
- Cuanto más azúcar se pone, más gusto dulce tiene la mezcla.
- [...] (Añadir otras observaciones vuestras).

Un tercer tipo de dificultad se refiere a la propia estructura del discurso descriptivo científico que acostumbra a ser sistemático, cuantifica las observaciones siempre que es posible y utiliza tablas, cuadros y esquemas. Por ejemplo, una buena descripción de una flor puede ser expresada a través de un dibujo, y si se hace por escrito será importante indicar el tamaño, el número de pétalos, sépalos, estambres y pistilos, etc. En cambio, el texto reproducido en el cuadro 9.14, elaborado por una estudiante para describir el procedimiento y las observaciones hechas al calentar el agua, no sería un buen texto descriptivo.

Cuadro 9.14. *Un informe de laboratorio "no científico".*

Descripción del procedimiento y de las observaciones hechas al calentar agua (parcial)

Para realizar nuestra experiencia hay que buscar todos los materiales citados y una vez los tenemos a mano ya podemos empezar a utilizarlos.
[...] Primero se debe montar el soporte con las diferentes nueces para poder sostener el vaso de precipitados y el termómetro [...].
Una vez tengamos todo el material preparado para la experiencia llenaremos con agua el vaso de precipitados hasta 150 ml, y lo colocaremos encima de la rejilla que se encuentra encima del aro.

Una vez preparado todo el material para la experiencia, llenamos con agua el vaso de precipitados, hasta 150 ml, y lo colocamos sobre el círculo, y encendemos el fogón [...].

Desde el momento que empezó el calentamiento del agua, en cada minuto se fueron sucediendo cambios. En el primer minuto, la temperatura subió desde unos 18 °C, que era la temperatura inicial, a unos 30 °C y empezaron a salir burbujas en el fondo del vaso de precipitados.

A los 2 minutos y medio las burbujas ya llegaban arriba, y medio minuto más tarde había muchísimas por todo el vaso [...]. Más o menos a los 3 minutos el agua empezó a hervir y estuvo hirviendo hasta que apagamos el fuego. Durante este tiempo la temperatura se mantuvo a unos 100 °C, aunque cambió un poco, y cada vez había menos agua.

[...]
(La alumna escribió cuatro páginas completas con sus observaciones.)

Las demandas al alumnado para que se elabore una descripción pueden ser muy variadas. Por ejemplo, se piden descripciones referentes a observaciones realizadas, como: "describir cómo es esta flor", "describir tal paisaje", "describir qué es lo que pasa cuando se calienta hielo", "describir qué relación hay entre el espacio y el tiempo en un determinado movimiento". Frecuentemente, las descripciones requieren aplicar un modelo o teoría como, por ejemplo, "describe el camino que siguen los rayos de luz en un periscopio" o "describe cómo están distribuidas las partículas en un sólido cristalino", o "describir un átomo de oxígeno". Por ejemplo, el texto siguiente, elaborado por un alumno de 4.º de ESO, describe –comparándolos– los cromosomas X e Y, a partir de dibujos dados por la profesora. En él se observa cómo, a través de la descripción, se va apropiando del vocabulario específico.

> El cromosoma X es un cromosoma de tamaño mediano y su forma es submetacéntrica. El cromosoma Y es más pequeño que el X y es acrocéntrico.

Los verbos que concretan la demanda de una descripción pueden ser muy distintos. Por ejemplo, además de *describir,* también se pide *"explicar" qué ha pasado* (o *cómo*

ha pasado), indicar, decir, u otras habilidades como *comparar, clasificar, ordenar,* que para aplicarlas se necesita saber describirlas. En cualquier caso, será importante pactar con los alumnos qué es lo que se pide al hacer una descripción, ya que no se puede suponer que todos inferirán fácilmente cuál es la demanda y cómo llevarla a cabo. La actividad reproducida en el cuadro 9.15 fue diseñada con esta finalidad.

Cuadro 9.15. *Guía para la realización de una descripción.*

Descripción del aparato digestivo

Con la información recogida sobre el aparato digestivo haremos una descripción. Para ayudarte en este trabajo, puedes fijarte en el cuadro siguiente que te orienta sobre cómo realizarla:

1. Es necesario decir qué es el aparato digestivo (un aparato, un sistema...) y cuál es la función que realiza en nuestro organismo.
2. Se habrán de enumerar los órganos que lo forman, en un orden.
3. Deberás construir frases para describir cada órgano indicando su posición, forma, medida, partes importantes, tejidos que lo forman, sustancias que lo producen...

Fuente: IES Torreforta, Tarragona. Curso 2000-2001.

En general, escribir una descripción científica comporta:

– Identificar el objetivo de la descripción.
– Categorizar aquello que se está describiendo (un ser vivo, un objeto, un material, un cambio, etc.).
– Seleccionar propiedades de los objetos o organismos (sólo las más significativas), y en un cierto orden o sistemática. Utilizar las cualidades más idóneas desde la ciencia, cualificarlas y cuantificarlas (es blanco, es largo, es grueso, mide 3 cm, va a 5 km/h, etc.).
– Relacionar una acción con algún cambio (al calentar aumenta la temperatura, si aumenta la velocidad tarda menos tiempo en llegar, etc.). Especificar qué se conserva y qué cambia. Tender a cuantificar los cambios.
– En los cambios, tener como referencia la variable tiempo. Por esto es importante discretizar la observación e identificar qué sucede en cada período de tiempo.
– Utilizar, siempre que sea posible, tablas o esquemas para presentar los datos o características y tender a redactar oraciones cortas yuxtapuestas.

b.2) La definición

Definir un concepto es describir expresando las características esenciales, suficientes y necesarias para que aquello sea lo que es y no otra cosa. La definición es, de hecho, un texto descriptivo y afirmativo, en el que no hay dudas ni incertidumbres.

Generalmente, cuando se quiere que el alumnado elabore una definición se le pide directamente que defina un término o que responda a la pregunta ¿Qué es...?. Pero también se pide: "explica qué es...", "sintetiza..." o "resume...". La definición va asociada a los procesos de clasificación, jerarquización, comparación..., es decir, a todos aquellos que implican identificar y afirmar a qué conjunto pertenece un objeto, organismo o fenómeno. De este modo, la definición ofrece un mundo ya interpretado sin problemas, y una información tan bien organizada y resumida que es fácil almacenarla en la memoria.

Aprendiendo a definir, el alumnado aprende a identificar los atributos necesarios y suficientes que caracterizan a un concepto científico y permiten decidir si un objeto, ser vivo, material o fenómeno es de un tipo determinado. Pero, para poderlo hacer, tiene que conocer el modelo en el que el concepto tiene sentido. Por esto, contrariamente a lo que se cree, la definición es un punto final del aprendizaje y no su inicio.

Algunas de las dificultades más importantes que encuentran los alumnos y alumnas al elaborar sus definiciones se deben al hecho de que no saben:

- Identificar el conjunto supraordinado al que pertenece el concepto definido (y escriben: "Una mezcla es una mezcla de ...", "una mezcla es dos cosas juntas y diferentes", "es por ejemplo el agua del mar", o "es cuando ...", o "una flor es el lugar..."). Este aspecto es importante porque ayuda a establecer una relación jerárquica con otros conceptos.
- Seleccionar sólo las características necesarias y suficientes para definir el concepto. El alumnado acostumbra a dar más importancia a los aspectos generales observados en su vida cotidiana que a los específicos (por ejemplo, dicen "todas las flores tienen pétalos y sépalos", cosa que no es cierta) y a los aspectos que cambian (por ejemplo, dicen que "todos los animales se mueven"). Seleccionar los aspectos esenciales implica tener un buen conocimiento del modelo teórico del que forma parte el concepto.
- Reconocer si un objeto pertenece a un conjunto cuando las características no son fácilmente observables. Por ejemplo, para responder a la pregunta: "¿una ballena es un mamífero?" es necesario haber identificado las entidades, necesarias y suficientes del modelo teórico "mamífero", muchas de las cuales no se perciben directamente. Por tanto, los ejemplos y los contraejemplos forman parte de la definición.

Otra de las dificultades, de índole más relacionada con el contrato didáctico que se establece de forma implícita en el aula, es la tendencia de los alumnos a copiar las definiciones de libros de texto o de diccionarios. Lo hacen sólo para responder a la demanda del profesorado, sin considerar que puede serles útil para aprender. La definición dada por los expertos puede ser válida para compararla con la propia definición y reconocer cualidades en unas y otras, pero si se copia sin más se pierde todo el caudal para el aprendizaje que comporta escribir una definición.

En general, para poder definir es necesario haber descrito anteriormente. A su vez, la definición puede favorecer la elaboración de buenas justificaciones, tal como se muestra en la actividad descrita en el cuadro 9.16:

Cuadro 9.16. *Diferencias entre describir, definir y justificar.*

¿Qué características tienen todas las flores?

1. **Describir 2 flores** (o "describir y comparar"):
   (En la discusión de la descripción se pueden comparar características de las descripciones realizadas: ¿Son sistemáticas? ¿Se cuantifican? ¿Se identifican los elementos importantes? ¿Lo que se describe es significativo para la finalidad de la descripción?...)

2. **Define qué es una flor:**
   (En la discusión se puede analizar si el conjunto de referencia es idóneo –por ejemplo, es una parte de una planta que...– y si se indican todas las características necesarias y suficientes para definirla –por ejemplo, los pétalos y sépalos no son partes que caractericen a todas las flores–. Se puede tomar conciencia de que de todas las características descritas sólo se recogen algunas en la definición.)

3. **Justifica si esta parte de una planta es una flor o no lo es** (se puede dar una flor de un pino, o un fruto de otra planta):
   (En la discusión se puede ayudar a tomar conciencia de que para justificar es necesario basarse en las características utilizadas en la definición.)

Algunas pautas útiles para elaborar una definición son:

- Identificar el concepto más general del cual el concepto que se define es un subconjunto (conceptos supraordinados).
- Identificar conceptos del mismo orden jerárquico.
- Identificar las propiedades y/o atributos del objeto, ser vivo, fenómeno.
- Seleccionar las propiedades necesarias (aquellas que no pueden cambiar ni desaparecer).
- Seleccionar las propiedades suficientes.

- Identificar conceptos subordinados al concepto a definir.
- Identificar ejemplos.
- Identificar contraejemplos.
- Organizar todas estas informaciones en una oración que comienza indicando el concepto supraordinado y continúa con las características necesarias y suficientes. Es conveniente añadir relaciones con los conceptos del mismo orden y/o subordinados y ejemplos y contraejemplos (cuadro 9.17).

Cuadro 9.17. *Guía para la realización de una definición.*

¿Qué es una disolución?

Para escribir una buena definición es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

- A qué conjunto pertenece (es un material, una mezcla, sustancia, elemento...).
- Qué forma una disolución (materiales, mezclas, sustancias, elementos...).
- Cuáles son los aspectos necesarios y suficientes que la caracterizan (recordar los aspectos incluidos en la descripción hecha anteriormente).

Una vez escrita la definición, piensa en mezclas que sean ejemplos de disolución y que no lo sean, y comprueba que las palabras escritas diferencian bien entre unas y otras.

b.3) La explicación

Cuando se pide a los alumnos que escriban un texto explicativo en contraposición a otro descriptivo, argumentativo o justificativo..., se está solicitando que ordenen unos determinados hechos según una relación que es casi siempre de causa a efecto, dentro de un plan general o sistema de ideas que resulta sencillo y no excesivamente especializado. Los textos resultantes son exposiciones magistrales, con las que se pretende hacer entender algo del modo más sencillo posible.

La explicación da lugar a un texto expositivo. Tiene que empezar situando el tema, haciendo un pequeño resumen que ya contenga las ideas más importantes. A continuación, se desarrolla el tema añadiendo ideas nuevas a las que ya estaban presentes en la introducción y, finalmente, se acaba con una conclusión.

Así, para explicar, por ejemplo, cómo se forman las estalactitas, será necesario conocer bien todo el proceso que se realiza en un determinado escenario: el circuito

del agua en la naturaleza. En la introducción se tiene que mostrar este escenario: el agua de la lluvia forma riachuelos, pero penetra también en el interior de la tierra porque disuelve y transforma los minerales, como por ejemplo las rocas calizas. En el desarrollo, se muestra cómo el agua que ha pasado entre las rocas lleva los minerales disueltos, penetra hacia el interior de la tierra y, si se encuentra una gruta, gotea desde el techo. Al evaporarse queda la cal inicial que, poco a poco, forma una estalactita. En la conclusión es necesario mencionar que la cal simplemente ha cambiado de lugar, arrastrada por el agua con la que había reaccionado y en la que se había podido disolver; y que una cosa parecida nos pasa en casa, cuando observamos los depósitos de cal en las ollas de la cocina o en los electrodomésticos.

En la explicación se interpretan los hechos que ya se conocen o que se pueden conocer fácilmente (en las grutas húmedas se pueden formar estalactitas), situándolos en un marco general (el agua transforma el paisaje) según un plan, y se llega a una conclusión recogiendo y reuniendo un conjunto de hechos también conocidos (hay sustancias solubles y otras insolubles, el agua es un buen disolvente, las grutas con estalactitas son húmedas, las aguas naturales dejan un depósito en los recipientes de la cocina) organizándolos según relaciones de causa-efecto que son bien fáciles de aceptar.

En una buena explicación, el esquema global que forman los hechos encadenados según relaciones de causa a efecto permite realizar inferencias que antes no se podían hacer. Por ejemplo, que el agua de casa habría podido formar una estalactita, pero no lo ha hecho; y que los depósitos de cal de las ollas sólo desaparecerían con el agua de lluvia y aun así se necesitaría mucho tiempo.

Como podemos ver, esta explicación deja aspectos sin aclarar, porque básicamente sólo relaciona hechos; pero al seleccionar los más relevantes ya está posibilitando que en otros momentos del proceso de aprendizaje se puedan justificar en función de modelos teóricos apropiados.

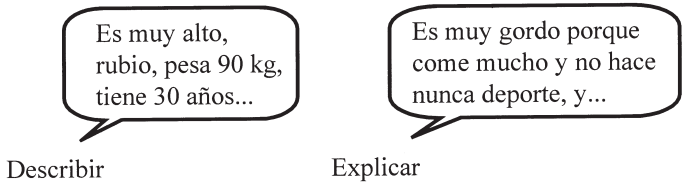
La actividad del cuadro 9.18 se diseñó para iniciar a los alumnos en la diferenciación entre una descripción y una explicación.

Algunas pautas útiles para elaborar una definición son:

- Estructurar el texto de manera expositiva, con un inicio, un desarrollo y una conclusión.
- Desarrollar la situación inicial mostrando los hechos nuevos que después permitirán llegar a una conclusión.
- Relacionar los hechos nuevos y los conocidos de manera fácil de aceptar, porque se han aplicado a situaciones análogas; la novedad está en las informaciones concretas que se ofrecen o en las conexiones entre estas informaciones, pero no en los dos aspectos a la vez. En general, estas relaciones son de causa-efecto.

- Seleccionar hechos relevantes y interesantes; el alumno puede ser bastante creativo y en una explicación los textos pueden ser más parecidos a los literarios que al escribir una descripción o una justificación.
- Situar toda la explicación en un contexto temático bien caracterizado.

Cuadro 9.18. *Diferenciación entre una descripción y una explicación.*



Describir: es enumerar cualidades, propiedades, características, etc., del objeto o del fenómeno que se describe.

Explicar: es producir razones o argumentos y establecer relaciones entre ellos de forma ordenada (debe incluir explícitamente razones causales).

Un ejemplo: *"La carrera de motos de 500".*

Descripción: *en una carrera de motos de 500 cm³ hay unos participantes cada uno de los cuales conduce una moto de 500 cm³ de cilindrada y lleva un número que los identifica. Salen todos al mismo tiempo y llegan a un punto o meta, que es el final de la carrera, después de dar 25 vueltas al circuito. El primero en llegar es el ganador.*

Explicación: *una carrera de 500 cm³ es una competición. Desde el instante de la salida se empieza a cronometrar el tiempo para saber el que tarda cada uno de los participantes en hacer las 25 vueltas al circuito. Gana el piloto que llega primero, ya que es el que menos tiempo ha necesitado para hacer todo el recorrido.*

¡Ahora os toca a vosotros/as!

Primero describid un volcán y luego explicad la erupción de un volcán.

Después, será necesario evaluar si la descripción y la explicación están bien escritas. ¿Qué opina tu compañero/a de lo que has escrito?

Nombre del corrector/a .....

Fuente: V. Ibáñez y C. Martínez IESM J. M. Zafra, Barcelona, 1997.

Para que los alumnos puedan reconocer la calidad de sus escritos es importante que dispongan de criterios de evaluación. En la actividad descrita en el cuadro 9.19 los estudiantes revisan sus primeras producciones a partir de criterios de evaluación discutidos conjuntamente.

Cuadro 9.19. *Criterios de evaluación de un texto explicativo.*

I. ¿ERES UNA BUENA OBSERVADORA? ¿ERES UN BUEN OBSERVADOR?

Este dibujo representa dos plantas que en primavera pueden encontrarse fácilmente en los márgenes de muchos caminos. Se trata de una "espiga" y de una correhuela (la actividad se acompaña del dibujo).

Tienes que explicar: *¿qué hace y cómo lo hace la correhuela para exponer sus hojas a la luz?*

Recuerda que en tu explicación tienes que utilizar lo que has aprendido sobre estímulos y respuestas en las plantas para explicar lo que se observa en el dibujo.

II. ¿QUÉ HE HECHO BIEN Y QUÉ TENGO QUE MEJORAR?

En el texto que has escrito hay aspectos que están bien y otros que tendrías que mejorar.

La actividad que vas a realizar es para aprender a reconocer si el texto que has escrito es de calidad y qué aspectos necesitas corregir.

Aspectos que se han de comprobar para saber si el contenido del texto es adecuado desde el punto de vista científico	Mucho	Bastante	Nada
A. Indica **qué** hace la planta (describe aspectos relevantes del dibujo).			
B. Explica **cómo** lo hace la planta (relaciona el estímulo y la respuesta).			
C. Indica razones de **por qué** la planta lo hace (se dan argumentos que justifiquen la utilidad del mecanismo).			
D. El texto escrito es **explicativo** (utiliza los conectores adecuados: ya que, dado que, por qué...).			
E. Utiliza adecuadamente el **vocabulario científico**.			
F. El texto se refiere únicamente a la pregunta (no habla de otros aspectos de la vida de la planta).			

Aspectos que debes comprobar para saber si el texto está bien escrito:	Siempre	Algunas veces	Nunca
G. Después de punto, las frases empiezan en mayúscula.			
H. Las frases tienen sujeto, verbo y complementos.			
I. Hay los signos de puntuación necesarios y están bien colocados.			
J. El texto está escrito sin faltas de ortografía.			

Fuente: P. García (2000): IES Joan Olivert, Sabadell.

b.4) La justificación

En un texto justificativo se pide que el alumnado muestre cómo interpreta determinados fenómenos y acontecimientos, vinculándolos con la teoría.

Habitualmente, los estudiantes los han de elaborar cuando se quiere que expliquen las regularidades o discrepancias que han observado al hacer un experimento, que apliquen unos determinados conocimientos a la interpretación de unos hechos, o que razonen una determinada hipótesis, modelo o teoría. Por ejemplo, se pregunta: "¿Por qué la temperatura del agua no varía mientras hierve?", "Explica por qué el aire caliente es menos denso que el frío", "Justifica las similitudes y las diferencias entre dos bosques" o "Si un coral es un animal" o "¿Por qué creemos en la existencia de los genes?". Los verbos que concretan estas demandas también son muy variados. Por ejemplo, además de justificar, se pide explicar, razonar, interpretar, demostrar, extraer conclusiones, probar, valorar o, simplemente, se inicia la demanda con un ¿por qué?

En las clases de Ciencias se acostumbra a pedir la redacción de justificaciones en un contexto que no anima a los estudiantes a crear textos convincentes con cierta creatividad y libertad, ya que a menudo se utilizan para la evaluación final de aprendizajes. El alumnado los asocia al peligro de equivocarse y a la demostración de que no domina bien el tema. Por ello, sería importante situarlos también en contextos de construcción de nuevos conocimientos, ya que aprendiendo a justificar se aprende ciencia, aunque no hay duda de que, para poder redactarlos, se necesita haber observado ya fenómenos y haber hablado sobre ellos.

La actividad descrita en el cuadro 9.20 fue planteada para ayudar a los alumnos a construir textos justificativos de calidad. Los estudiantes habían estado observando mohos en el pan y analizando las condiciones en las que se desarrollaban, relacionándolas con las funciones que caracterizan a todos los seres vivos. Finalmente, se elaboró entre todos los componentes del grupo-clase una base de orientación que fuera útil para pensar sobre qué habían de escribir al justificar si algo es un ser vivo. En la experiencia se comprobó que los textos elaborados a partir de actividades de este tipo son de elevada calidad, ya que los estudiantes saben sobre qué han de escribir y tienen criterios para reconocer si el texto responde a la pregunta planteada.

Cuadro 9.20. *Una base de orientación como guía para la redacción de justificaciones.*

¿En qué hemos de pensar para justificar si "algo" es un ser vivo?

Base de orientación:

Todos los seres vivos:

- Intercambian materia y energía con el medio.
- Modifican el medio.
- Se relacionan con el medio.
- Provienen de otros seres vivos.

(.../...)

- Se pueden reproducir.
- Están formados por células.

Apliquemos esta "base de orientación" *a justificar* si un moho es un ser vivo, a partir de las reflexiones y observaciones hechas en clase:

- Tiene la primera característica porque se nutre de sustancias orgánicas, como por ejemplo las que forman el queso, el pan...
- Se relaciona con el medio porque se desarrolla sobre un material (queso, pan u otros) y modifica sus propiedades (se observan cambios de color, olor...).
- Proviene de otros seres vivos porque se puede desarrollar, si se dan ciertas condiciones en el medio.
- Se reproduce, ya que se forma a partir de esporas producidas por otro moho de la misma especie.
- Está formado por células, ya que si observamos con el microscopio podemos comprobarlo.

En consecuencia, un moho es un ser vivo.

APLICA esta *base de orientación* para justificar si son seres vivos:

1. Un cristal de sal.	2. Una encina.
3. Las bacterias del yogur.	4. El fuego.
5. Un reloj.	6. Una mariposa.

Fuente: Pilar García. IES Joan Oliver, Sabadell, 1996.

En el contexto de la ciencia escolar las razones o argumentos a utilizar en la justificación provienen fundamentalmente de observaciones experimentales y de los conocimientos propios de cada época histórica (por el contrario, no se acostumbra a considerar como válidos argumentos de autoridad como decir: "según Pasteur..."", que sí lo serían en un artículo científico). Pueden referirse a hechos, leyes, analogías, modelos, teorías, etc. Por ejemplo, a la pregunta "¿Por qué se funde un trozo de hielo al calentarse?", un estudiante responde "Porque aumenta su temperatura hasta llegar a la de fusión" (razones basadas en hechos) y otro "Porque al calentar el hielo las partículas se mueven cada vez más rápido hasta que se rompen las uniones entre ellas y se desordenan" (razones basadas en el modelo cinético-molecular).

Una de las dificultades más importantes del alumnado es reconocer qué nivel de explicación es el exigido, ya que muy a menudo no recurren a argumentos fundamentados en el modelo teórico objeto de estudio. La actividad del cuadro 9.21 fue diseñada para enseñar a los alumnos a reconocer que una buena justificación requiere "traducir" y relacionar los hechos observados con el conocimiento teórico aprendido. Otro recurso utilizado habitualmente para que los alumnos cambien su nivel de explicación consiste en pedirles que se refieran al *porqué del porqué*, ya que, muchas veces no son conscientes de los tipos de argumentos que pueden generar.

Cuadro 9.21. *Guía para la redacción de una justificación.*

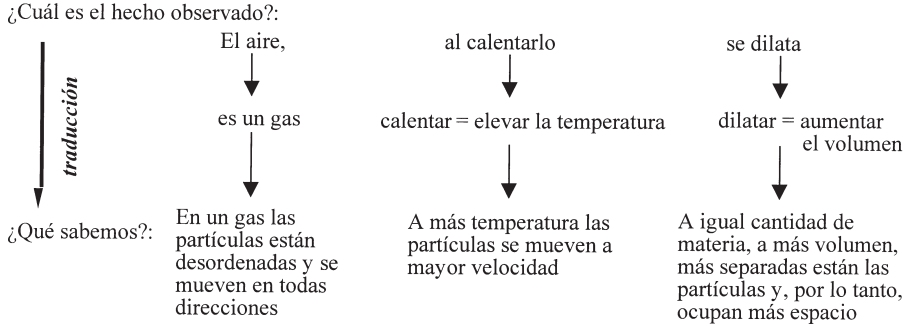
Aprendiendo a justificar un fenómeno

Escribir buenas justificaciones no es fácil, pero se puede aprender. Debemos conocer las teorías o modelos en los que nos basamos para explicar un fenómeno y aprender a **relacionar-traducir** las palabras utilizadas para describir el fenómeno observado con las palabras utilizadas para describir el modelo o teoría.

Vamos a ver, con un ejemplo, cómo aprender a justificar nuestras observaciones.

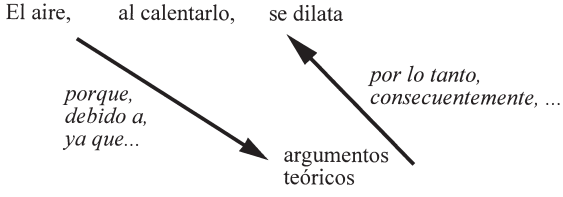
Al hacer un experimento llegamos a unas conclusiones deducibles de las observaciones realizadas. Por ejemplo: "El aire, al calentarlo, se dilata".

Para justificar este hecho (explicar por qué sucede) hemos de recurrir a los conocimientos teóricos que tengamos. En este caso, el modelo corpuscular de la materia. Ello implica "traducir" el lenguaje de los hechos al lenguaje de la teoría.



Para redactar la justificación, tenemos que conectar todos estos conocimientos de forma ordenada y utilizando los conectores adecuados.

Observa el esquema, el orden de las flechas y los conectores, y compáralo con el texto escrito a continuación.



"Al calentar el aire, es decir, al aumentar la temperatura, sus partículas se mueven a mayor velocidad y aumenta la distancia entre ellas; por tanto ocupan más espacio y en consecuencia el aire se dilata."

Aplica este procedimiento a la justificación de las observaciones hechas en el experimento ".....".

Escribe el texto justificativo, de forma ordenada y utilizando adecuadamente los conectores.

Las relaciones entre los argumentos en una justificación acostumbran a ser de naturaleza causal y se pueden utilizar diversos conectores: "porque", "debido a", "ya que"... También pueden establecerse comparaciones y utilizar expresiones como: "por el contrario", "si no fuera porque", "antes de", "después de"... Este tipo de conectores no se utilizan al escribir un texto descriptivo o en una definición.

b.5) La argumentación

Argumentar es una forma de afrontar una situación problemática, una duda real, una situación o problema para el cual no hay una respuesta segura. El texto argumentativo está orientado a convencer a los demás de que una de las explicaciones dadas es más válida que otras.

Una de las características del discurso científico es que la aceptabilidad de los razonamientos utilizados depende de su adecuación a la teoría dominante en cada época histórica. Por este motivo, en el caso de los textos escolares científicos "justificar" y "argumentar" a menudo pueden considerarse sinónimos, ya que en los dos casos se pide al alumnado que elabore un texto basado en el conocimiento escolar introducido en el aula, que se pretende que sea compartido por todos sus miembros.

Argumentar presupone establecer un diálogo –real o imaginado– con un destinatario que está utilizando razones diferentes de las propias. Implica reconocer desde qué marco teórico la otra persona elabora su argumentación y escoger, en relación al que se quiere defender, aquellos razonamientos más idóneos para contrarrestar los puntos de vista contrarios.

En las clases de Ciencias se pide argumentar cuando se quiere que el alumnado justifique alguna de sus concepciones iniciales o que elabore un escrito con la finalidad de convencer a alguien, que no asuma una determinada teoría. También es muy importante cuando se trabajan temas relacionados con la Educación Ambiental, o cuando se discute sobre temáticas científicas que aún no forman parte de la ciencia "establecida" (pensemos, por ejemplo, en textos como: "¿Es posible clonar seres humanos?" o "¿Se puede considerar válida la teoría del Big Bang?").

Justificar y argumentar científicamente implica:

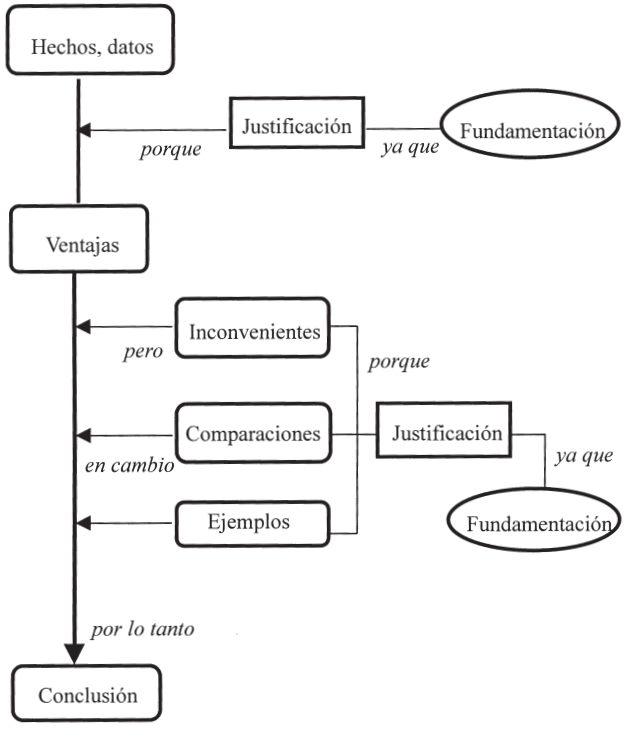
- Categorizar la pregunta planteada en un marco de referencia (disciplina o tema, modelo o teoría de partida, nivel de explicación requerido, etc.). En el caso de la argumentación, a menudo es necesario identificar otros referentes.
- Identificar los hechos o entidades sobre las que se pide justificar o argumentar.
- Inferir posibles relaciones entre los hechos o entidades a justificar o argumentar, y otros hechos o entidades deducibles a partir de analogías, leyes, modelos o teorías.

– Seleccionar las relaciones más adecuadas.
– Organizar estas relaciones de forma coherente, diferenciando las ideas personales de las que tienen carácter científico. Redactar el texto relacionando causalmente los hechos y las ideas teóricas utilizando los conectores adecuados.

El cuadro 9.22 reproduce un esquema que tiene como finalidad ayudar a los alumnos en la elaboración de argumentaciones. En el ejemplo que se muestra fue aplicado en un juego de rol, en el que los alumnos tenían que argumentar acerca de las ventajas e inconvenientes de distintos sistemas de conservación de alimentos, en relación con la construcción de una fábrica en un determinado lugar. Para preparar la discusión, primero se analizaron con los alumnos las características de una buena argumentación, utilizándose para ello dicho esquema. También puede ser aplicado en el análisis de escritos periodísticos o de todo tipo.

Cuadro 9.22. *Guía para la redacción de una argumentación.*

¿Qué hemos de incluir en un texto argumentativo?



(.../...)

Ejemplo de argumentación sobre si **la técnica de "esterilización" para la conservación de alimentos es un buen método para conservar los alimentos largo tiempo,** elaborada conjuntamente con las alumnas y alumnos:

> El tiempo de conservación de los alimentos esterilizados es de varios meses (*HECHO*) porque con esta técnica se eliminan casi todos los microorganismos (*JUSTIFICACIÓN*), ya que se eleva mucho la temperatura en muy pocos minutos (*FUNDAMENTACIÓN*).
>
> Con ello se dificulta que un alimento se pudra (*VENTAJA*), aunque con este método también se pueden destruir gran parte de las vitaminas y modificar azúcares y proteínas (*INCONVENIENTE*).
>
> Hay otras técnicas de conservación, como, por ejemplo, el salado de los jamones, que también modifican las características nutritivas de los alimentos, pero necesitan mucho más tiempo de preparación. En cambio, otras técnicas, como el vacío, conservan buena parte de estas características pero necesitan envases especiales y se encarece el producto (*COMPARACIÓN*).
>
> En conclusión, la esterilización es una buena técnica para conservar la mayoría de alimentos durante bastante tiempo, de fácil preparación y barata, a pesar de que se modifiquen un poco sus características (*CONCLUSIÓN*).

Fuente: Anna Sardà, 2000.

9.4. Resolución de problemas y ejercicios

Resolver problemas es otra de las actividades importantes en una clase de Ciencias. El concepto de problema engloba un conjunto de tareas muy diversas, desde problemas de investigación cuya resolución puede comportar procesos de enseñanza-aprendizaje muy largos en el tiempo, hasta los problemas numéricos, pasando por los ejercicios escritos conducentes a explicar un fenómeno.

Aunque la mayoría de problemas se plantean para que los alumnos apliquen los modelos teóricos y los procedimientos que se están aprendiendo, el concepto y la finalidad de este tipo de actividades en la enseñanza de las Ciencias es mucho más amplio. Para que un aprendizaje tenga sentido debe partir de un problema, de algo que no se conozca y se quiera saber. Ya se ha dicho al hablar de las explicaciones del profesorado que una de sus funciones es *crear diferencias* y hay quien sugiere que, en vez de hablar de actividades de *resolución de problemas,* se debería profundizar en cómo ayudar a los alumnos a *enfrentarse a problemas*.

Actualmente, se distingue entre problemas abiertos y problemas cerrados (véase el cuadro 9.23), aunque no hay una frontera bien definida entre unos y otros. Hay preguntas-problemas abiertas para las que actualmente la ciencia tiene respuestas que se pueden formular según distintos niveles de complejidad como, por ejemplo, *¿cómo se forma el arco iris?,* o *¿por qué algunas enfermedades como el sarampión sólo se padecen una vez en la vida?* En cambio, muchos de los problemas ambientales no tienen una única respuesta y afrontar su estudio requiere considerar, analizar y valorar distintas causas y diferentes soluciones. También hay problemas cuya resolución puede implicar el planteamiento de una investigación experimental como: *¿de qué depende que una pastilla reaccione con el agua más rápidamente?,* o *¿qué papel higiénico se degra-*

da más fácilmente? Y también existen los problemas clásicos, en los que se dan sólo los datos necesarios y tienen una única solución.

Cuadro 9.23. *Características diferenciadoras de los problemas abiertos y cerrados.*

Problemas cerrados	*Problemas abiertos*
1. Puede hallarse su solución. 2. Son objetivos. 3. Sólo podemos hallar una respuesta concreta. 4. A veces hay un algoritmo adecuado que garantiza la respuesta. 5. Requieren un conocimiento específico de las técnicas o del tanteo.	1. Puede afrontarse su resolución. 2. Son subjetivos. 3. Sólo podemos hallar la mejor respuesta. 4. La heurística sólo puede guiar la reflexión. 5. Requieren una gama amplia de información.

Fuente: Garrett, R. (1985): "Resolver problemas en la enseñanza de las Ciencias". *Alambique,* 5: 8.

En este apartado analizaremos cómo mejorar el planteamiento de las actividades relacionadas con:

a) La resolución de problemas "clásicos".
b) La realización de "ejercicios".

A) La resolución de problemas "clásicos"

Las investigaciones en esta temática son numerosísimas y desde campos muy diversos. La principal fuente de estudios es el campo de la inteligencia artificial, que se ha interesado por conocer cómo los individuos resuelven problemas para poder utilizar este conocimiento en la fabricación de ordenadores inteligentes.

Se han estudiado las diferencias en cómo resuelven problemas personas expertas y novatas, en las estructuras de conocimiento (conceptual y procedimental) que se ponen en funcionamiento, y en cómo se representan y traducen los problemas. También se han analizado las tareas implicadas en la resolución y en la influencia de variables como la capacidad de memoria, la habilidad espacial o la comprensión lectora. Otro campo de estudio es la influencia de las actitudes con las que los estudiantes se enfrentan a la resolución de un problema sobre el éxito de los resultados.

Esta variedad de estudios permite afirmar que, actualmente, se sabe bastante sobre cómo el alumnado resuelve problemas, pero ciertamente aún se tienen pocas ideas sobre cómo ayudarles a resolverlos con éxito.

Algunos aspectos a tener en cuenta son:

a.1) El planteamiento del problema

En lo posible, el problema tiene que plantearse de forma que para el estudiante realmente sea un problema y no un ejercicio rutinario. Interesa que los alumnos puedan representarse bien cuál es el objetivo y el marco teórico en relación con el cual se plantea. Por ejemplo:

- Pueden transformarse los enunciados de los problema numéricos clásicos en otros que exijan abordar su resolución como una investigación (véase el cuadro 9.24).

  Para dar respuesta a las preguntas formuladas los estudiantes han de situar el problema en relación con el modelo teórico que están aprendiendo y empezar haciendo un estudio cualitativo de la situación, identificando las variables que intervienen y valorando cuáles van a tener en cuenta y cuáles no. La resolución implica encontrar una formulación general que podría ser válida para distintas situaciones en las que los datos concretos fueran diferentes y, al mismo tiempo, analizar sus limitaciones.

Cuadro 9.24. *Reformulación de enunciados de problemas.*

Enunciado clásico	*Enunciado transformado*
Desde un edificio de 40 m de altura, se deja caer un objeto. Calcular el tiempo que tardará en cruzar por delante de una ventana que se halla en la vertical de lanzamiento y a 15 m de la azotea. La altura de la ventana es de 1,2 m.	Se deja caer un objeto desde la azotea de un edificio. ¿Cuánto tiempo tardará en atravesar por delante de una ventana?
Un globo está ascendiendo a una velocidad de 5 m/s. Cuando se encuentra a 100 m del suelo, suelta un objeto. ¿Cuánto tiempo tardará en llegar al suelo?	Se suelta un objeto desde un globo que asciende, ¿con qué velocidad llegará dicho objeto al suelo? Se suelta un objeto desde un globo que asciende, ¿cuánto tiempo tardará en llegar al suelo el objeto?

Fuente: D. Gil y J. Martínez Torregrosa (1993): *La resolución de problemas de física*. Barcelona. MEC/Vicens Vives.

- También pueden plantearse situaciones próximas al contexto del alumnado, que respondan a algo conocido o que se puedan representar fácilmente (véa-

se el cuadro 9.25). Muchas veces se dice que los estudiantes no saben leer los enunciados de los problemas, cuando en realidad lo que sucede es que no se representan la situación planteada. Además, para que un problema se quiera resolver, se necesita un clima afectivo propicio que muchas veces se consigue en el planteamiento.

Cuadro 9.25. *Enunciados de problemas con carga afectiva.*

Los alumnos resuelven mucho mejor los problemas cuyos protagonistas son conocidos. Para dar cohesión al grupo, es mejor que dichos protagonistas sean conocidos por la mayoría de los miembros de un grupo-clase y sean bien valorados.

Por ejemplo, se pueden plantear problemas de genética, en los que los casos analizados se refieran a posibles parejas de mellizos o trillizos conocidos por los alumnos o problemas de cinemática como el siguiente:

"Una profesora del Instituto –*Ángela*– sale de la escuela a una velocidad de 100 m/minuto, al cabo de 7 minutos ve a otra profesora –*Fina*– que va delante de ella a una cierta distancia; empieza a correr a la increíble velocidad de 300 m/minuto y la alcanza a los 3 minutos de empezar a correr. Se paran durante 5 minutos y hablan de la fiesta de *break-dance* prevista para el próximo domingo. Después de tan interesante conversación, *Ángela* se da cuenta que se ha dejado en la escuela, el último disco de *Frankie goes to Hollywood*. Vuelve en 8 minutos. ¿Podrías hacer una gráfica de su recorrido?"

- Una tercera vía consiste en promover que los propios estudiantes planteen los enunciados de los problemas que habrán de resolver los compañeros y compañeras. Para analizar el proceso seguido para encontrar la solución se pueden establecer intercambios por parejas o por grupos y favorecer la evaluación mutua (véase el cuadro 9.26).
- También se pueden plantear los problemas de forma que tengan más datos de los necesarios o que los alumnos tengan que pedir los que necesitan para resolverlos. Con ello se favorece que los estudiantes tengan que esforzarse en representarse el problema, y dediquen tiempo a la planificación y no tanto a hacer operaciones con los números más o menos al azar. La finalidad es romper con el contrato didáctico implícito de que en el planteamiento de un problema se tienen que dar todos los datos necesarios y sólo ellos.

a.2) La anticipación y planificación de la acción

Todos los estudios muestran que, para el aprendizaje, todo el proceso de elaboración del plan de acción es más importante que la "resolución del problema". La

diferencia más importante entre las personas "expertas en resolver problemas" y las que no lo son, está precisamente en el tiempo que dedican a planificar (y a revisar) (figura 9.7). Esta anticipación de la acción conlleva, además, que se obtengan mejores resultados y, muy especialmente, que toda la tarea sea más gratificante.

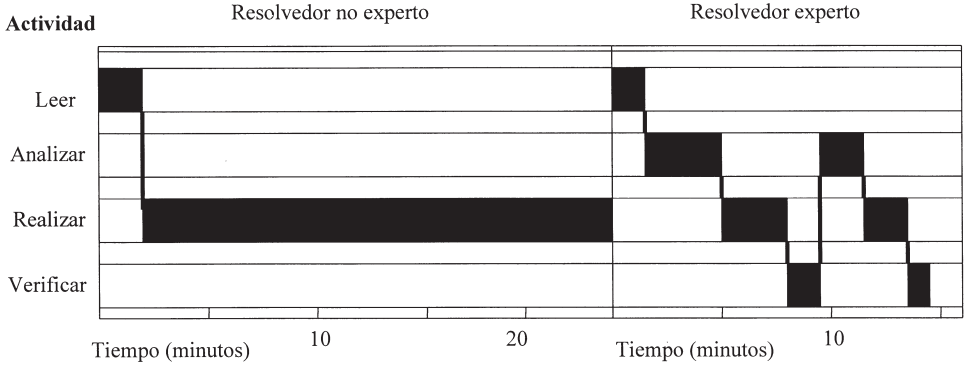


Figura 9.7. Tiempo dedicado a cada actividad al resolver un problema. A partir de: Schoenfeld, A. H. (1987). *What's All the Fuss About Metacognition?* Erlbaum. Hillsdale, N. J.

Se puede favorecer este proceso estimulando a los alumnos a aplicar estrategias de resolución fundamentadas en la explicitación de las razones de las acciones que se llevan a cabo. A los alumnos no les suele gustar tener que hablar sobre cómo plantean y pretenden hacer un problema, ya que consideran que lo importante es el resultado. Es tarea del profesorado convencerles de lo contrario y, en buena parte, dependerá de los criterios de evaluación que aplique.

Por ejemplo, es mejor revisar la planificación de la resolución de los problemas por fases y antes de que los estudiantes hagan las operaciones numéricas correspondientes. Se les puede argumentar que así no harán un trabajo inútil en caso de que la planificación no sea la adecuada.

Los aspectos fundamentales que se han de promover son:

- La identificación de la información que se da en el texto (la pregunta y los datos).
- La génesis de una descripción de la base teórica necesaria para resolverlo.

En general, es conveniente llegar a establecer acuerdos sobre las convenciones relacionadas con el plan de acción a aplicar (cuadro 9.26), ya que así se establecen unos referentes comunes para todo el grupo-clase. Pero también será importante de vez en cuando promover prácticas distintas para romper con las rutinas.

Cuadro 9.26. *Planificación del proceso de resolución de problemas y de su regulación.*

Problema:: ¿Cuando se bebe más alcohol, al beber ½ litro de cerveza de 6° de alcohol o 150 ml de vino de 12°?

Nombre de quien lo propone... Pilo
Nombre de quien lo resuelve... Cristina
Nombre de quien lo corrige... Catena (je, je, je)

Acciones	Realización	Si /no 1/2	Comentarios
Pregunta	¿Dónde hay más?	1/2	¿Dónde hay más alcohol?
Datos	1/2 l 6° 150 ml 12°	1/2	1/2 l = 500 ml → 6° 150 ml → 12°
¿Qué he de hacer?	Multiplicar	1/2	Calcular cuanto alcohol hay en toda la cerveza y en todo el vino
Operaciones	0,5 x 6 = 3 150 x 12 = 1800	1/2	No has cambiado las unidades 500 x 6 = 3000 150 x 12 = 1800
Resultado y Comprobación	El vino porque tiene más grados	no	La cerveza aunque tiene menos grados (que chungo no?)

Fuente: Neus Escofet, 1997.

Las estrategias de resolución de cada tipo de problemas no tienen por qué ser las mismas para todo el grupo-clase y es conveniente estimular la diversificación. Se pueden identificar los métodos con el nombre de los estudiantes que lo han propuesto (véase el cuadro 9.27), y recoger y poner en común las distintas estrategias.

Cuadro 9.27. *Un mismo problema y distintas soluciones.*

Determinación de la solubilidad de una sustancia en agua

Después de plantear el problema se pide a los alumnos y alumnas que hagan propuestas sobre cómo resolverlo.

Cada alumno propone su solución. Al ponerlos en común se comprueba que hay distintos métodos de trabajo. Por ejemplo (los nombres los dieron los propios alumnos):

- Método Trigo. Se pesan 100 g de agua y se saturan con el soluto añadiéndolo gramo a gramo (que se habrán pesado previamente) hasta llegar a la saturación.
- Método Josefa Pérez. Se pesan 100 g de agua y se mezclan con una cantidad de soluto pesada previamente. A continuación se filtra la disolución y se pesa el sólido residual una vez seco. El peso obtenido se resta del peso total absoluto.
- Método Alberto. Se pesa una cantidad de agua y se satura con el soluto sin pesarlo. Se filtra la disolución y se evapora a sequedad. Luego se pesa el sólido obtenido. Finalmente, se divide el peso del sólido por el del agua.
- (Se propusieron tres métodos más.)

Después de discutir ventajas e inconvenientes, cada equipo aplica el método que considera más adecuado y, posteriormente, ante los resultados, se analizan las causas de error debidas al método.

Fuente: M. A. París y J. Roig (1977): Accésit premio Ramon Llull ICE UAB.

a.3) Aplicación del plan de acción

Es lo que habitualmente se llama resolver el problema, aunque conviene poner esta concepción en crisis. Si el planteamiento del problema y el plan de acción son adecuados, se puede decir que el problema ya está prácticamente resuelto y sólo queda ejecutarlo.

a.4) Regulación del proceso

Llegar a dar respuesta a un problema implica ir tomando conciencia de las incoherencias, errores y obstáculos que se van encontrando a lo largo del proceso de resolución y tomando decisiones sobre cómo superarlos.

La revisión tiene que referirse a todas las fases del proceso: al planteamiento, a la planificación y a la ejecución. Se concreta en criterios de evaluación que habrán de ser discutidos y compartidos, por lo que es más importante y necesario discutir los criterios de evaluación que analizar qué se ha hecho y cómo.

En general, la actividad de "corregir problemas" tal como se aplica habitualmente –el profesor o un alumno los resuelven en la pizarra y los demás "comparan" lo que se hace con lo que han hecho anteriormente–, es muy poco útil para esta finalidad. Generalmente, los que ya lo han hecho bien pierden el tiempo y, los que no, no reconocen dónde están sus dificultades y mucho menos las causas. Es mucho mejor plantear la actividad con la finalidad de ayudar a que sean los propios alumnos los que reconozcan sus errores, a partir de apropiarse de los criterios que permiten decidir si algo se hace bien o no, de forma similar a la actividad planteada en el cuadro 11.2.

Tampoco suele ser muy útil proponer la resolución de problemas desde el inicio en pequeños grupos o por parejas, ya que siempre hay alguno de ellos que tiene la iniciativa del proceso de resolución, y los demás tienden a copiar lo que dice o hace y a no pensar autónomamente.

Si se trabaja por parejas, es recomendable diferenciar las funciones de cada uno de los componentes. Por ejemplo, en la resolución de uno de los problemas, uno de los miembros de la díada puede ser el que piensa el plan de acción y lo ejecuta, y el otro asume la función crítica y co-reguladora de lo que hace el compañero o compañera. Y en el siguiente problema se cambian las funciones.

Generalmente, cuando se propone esta forma de trabajo, los estudiantes no saben aplicarla, pero poco a poco van aprendiendo a diferenciar las tareas de cada uno de los miembros de la pareja.

Cuando se trabaja en pequeños grupos, siempre se ha de partir de un trabajo individual que luego se pone en común. Es decir, primero cada alumno ha de pensar en el problema y plantear su plan de acción antes de discutirlo en el grupo. No es tan importante que lo haya resuelto hasta el final como que haya empezado a representárselo, por lo que el tiempo dedicado a esta reflexión individual puede ser corto.

Si la revisión se plantea en gran grupo, siempre se tiene que prever la autocorrección posterior. El profesorado y/o los compañeros pueden tener la función de ayudar a la identificación de dificultades y errores y de sus causas, pero la corrección sólo la puede hacer cada alumno.

B) La realización de "ejercicios"

Los ejercicios son tareas que generalmente implican la realización del algún texto escrito, que se proponen a los alumnos para promover su actividad. Pueden ser planteados al inicio del aprendizaje de un tema o en su transcurso, pero la mayoría de veces tienen una función de resumen y de aplicación de los conocimientos construidos.

Los libros de texto son la principal fuente de recursos para el planteamiento de este tipo de actividades. Pero el análisis de las características de las propuestas que

contienen muestra que, en su mayoría, responden a una visión transmisiva del aprendizaje (cuadro 9.28).

Cuadro 9.28. *Diferencias entre "ejercicios" según la visión de la enseñanza-aprendizaje.*

"Ejercicios" planteados desde una visión transmisiva de la enseñanza de las Ciencias	*"Ejercicios" planteados desde una visión modelizadora de la enseñanza de las Ciencias*
Transmiten una idea de ciencia "neutra" descontextualizada, afirmativa.	Transmiten una idea de ciencia que se va construyendo a través de la discusión y la argumentación en relación a nuevas informaciones, datos, problemas.
Actividades o preguntas sobre aspectos concretos o parciales.	Planteamiento de problemas reales, en su totalidad y complejidad.
Actividades que hacen pensar en partes del modelo científico, pero no piden una visión global del modelo.	Actividades que piden la reflexión sobre los modelos y su utilidad y/o aplicación.
Introducción de nueva información a través de actividades de tipo declarativo.	Introducción de información a través de actividades procedimentales, tanto procedimientos científicos como generales de aprendizaje.
Actividades que implican relaciones entre entidades "científicas".	Actividades que implican relaciones entre entidades "científicas" y también con entidades de distintos tipos.
Actividades con forma y lenguaje parecido al texto del libro, que se concibe como el medio más importante de introduccion de conocimiento.	Actividades con forma y lenguaje distintos a los del texto del libro, que se concibe como un recurso útil, especialmente en la estructuración de las ideas que se están aprendiendo.
Texto de la actividad corto, pregunta directa o en forma imperativa, sin introducción.	Pregunta situada en un contexto, o relacionada explícitamente con la necesidad de aplicar la teoría.
Actividades que favorecen que el alumno "diga" lo que conoce.	Actividades que favorecen que el alumno elabore un texto y "transforme" su conocimiento.

Fuente: Roca, M. (2001): *Com intervenen els exercicis o activitats dels llibres de text en el procés de construcció del coneixement científic?* Trabajo de investigación. UAB.

Algunas de las características que deberían reunir los "ejercicios", siguiendo las propuestas de Montserrat Roca (2001) ejemplificadas alrededor del estudio del modelo científico para explicar fenómenos inmunológicos, son:

b.1) En relación con la visión de ciencia

La formulación de las preguntas refleja un modelo de ciencia determinado. Algunas alternativas a tener en cuenta son:

- Plantear cuestiones que den una visión pragmática de la ciencia, es decir, conduzcan a discutir o explicar problemas o situaciones de la vida cotidiana. Por ejemplo:

  En los últimos años se han puesto de moda los *piercing*. Es una práctica que según las autoridades sanitarias puede ser peligrosa para la salud.

  – Explica cuáles pueden ser los peligros de esta práctica y cuáles crees que han de ser las normas higiénicas que se deberían cumplir para evitar riesgos.

- Plantear problemas históricos que ahora ya no lo son pero que en su momento tuvieron mucha importancia y favorecieron el avance de la ciencia:

  Según Hipócrates (460-370 a. C.) y Galeno (129-200) las epidemias se debían a vapores venenosos que se formaban bajo la influencia de los astros y como un castigo divino. Ya había aparecido la idea de que las epidemias se transmitían por el contagio entre una persona y otra.

  – ¿Qué explicación se da actualmente a las epidemias?
  – ¿Qué información se tiene actualmente que no se tenía en la época de Hipócrates o Galeno?

  A finales del siglo XIX, cuando empezaron a aplicarse vacunas, la gente no se explicaba cómo podía ser que una inyección hecha con los mismos microbios que provocaban la enfermedad, la pudiesen prevenir o impedir su desarrollo.

  – Piensa y escribe la explicación actual a este interrogante.

- También se pueden plantear problemas actuales y analizar si es posible tener solución utilizando las teorías aceptadas:

  A partir de los datos sobre causas de defunción que muestra la tabla siguiente:

  – Escribe cinco o seis líneas sobre las diferencias más importantes entre las causas de defunción entre unos países y otros.
  – Explica por qué en Europa las enfermedades infecciosas (exceptuando el sida) no son causas de mortalidad y, por el contrario, en África aún lo son.

– A partir de los conocimientos actuales en relación con las causas, consecuencias y tratamiento de las infecciones, elabora una lista de posibles medidas para evitar la mortalidad por infecciones en África.

Causas de defunción	*Países desarrollados*	*Países en vías de desarrollo*
Enfermedades infecciosas y parasitarias	8%	40%
Cánceres	19%	5%
Enfermedades circulatorias y desórdenes degenerativos	53%	19%
En relación con el parto	2%	8%
Lesiones y envenenamientos	6%	5%
Otras	12%	23%

- Plantear cuestiones que promuevan que el alumnado tome conciencia de la utilidad de los modelos y teorías aprendidos para explicar otros hechos cotidianos.

  Cuando llega el otoño encima del mostrador del ambulatorio siempre hay folletos informativos sobre la gripe. En ellos se dice que contra la gripe no hay ningún medicamento y que en todo caso se puede tomar alguna aspirina para que baje la fiebre y así evitar el dolor de cabeza o el malestar general.

  – A partir del modelo de respuesta inmunizante, explica qué le pasa a nuestro cuerpo cuando "cogemos la gripe".
  – Explica cómo es que, sin tomar ningún medicamento que ataque al virus de la gripe, se supera la enfermedad al cabo de una semana o de diez días.
  – ¿Por qué se recomienda en el mismo folleto informativo que las personas delicadas o las personas mayores se vacunen contra la gripe?

- Redactar las preguntas de forma que promuevan que los alumnos distingan entre explicaciones u opiniones "cotidianas" y explicaciones fundamentadas científicamente.

  Explica las razones científicas que avalan o contradicen las siguientes opiniones:

  a) Juan cogió el sida porque besó a una amiga que no sabía que lo tenía.
  b) En general, es bueno un "cambio de aires" (por ejemplo, irse a vivir temporalmente a la montaña) cuando se arrastran constipados permanentemente.
  c) En muchos lugares, después de tener el sarampión, se ha de pasar la cuarentena antes de volver a la escuela.

- Plantear actividades relacionadas con la metodología de trabajo propia de la ciencia, para tomar conciencia de que es necesario recoger datos, analizarlos e interpretarlos para poder extraer conclusiones.

  En un programa de TV en el que de todo se hace polémica salieron dos personajes que defendían que las vacunas no eran necesarias, e incluso decían que podían ser peligrosas:

  a) ¿Qué información, datos o experiencias tendría que buscar la periodista para responder a estas personas?
  b) ¿Creéis que en un debate sobre un tema como éste se pueden dar opiniones o es necesario dar argumentos fundamentados científicamente?

b.2) En relación con las nuevas entidades e informaciones introducidas

Muy a menudo se plantean ejercicios en los que el alumnado sólo tiene que copiar lo escrito en el libro de texto o dicho en clase. Otras veces, la tarea consiste en buscar información en otros lugares, que se copia textualmente.

Este tipo de actividades son muy poco interesantes para el aprendizaje pero, en cambio, lo pueden ser aquellas que inviten a reformular con las propias palabras un determinado contenido, o a organizar nuevas informaciones. Por ejemplo:

- "Escribe cómo le explicarías a un compañero/a del curso anterior qué es un antígeno (o qué quiere decir 'memoria inmunológica')."
- "En un libro se puede leer que un antígeno es una sustancia que introducida en un organismo animal es capaz de inducir la formación de anticuerpos, los cuales tienen capacidad de reacción específica con ella, desencadenando la respuesta inmune. Explica con tus palabras qué quiere decir esta expresión."
- "Explica paso a paso lo que sucede en el cuerpo de un niño cuando lo vacunan (o dibuja una historia en viñetas...)"

b.3) En relación con las habilidades cognitivo-lingüísticas

Muchos ejercicios están redactados de forma que conducen a los alumnos a elaborar respuestas cerradas –una palabra o expresión muy corta–. Aparentemente, tienen la ventaja de que su "corrección" es muy fácil, aunque no siempre profesorado y alumnado interpretan que se ha de utilizar la misma expresión. Aunque los estudiantes también los prefieren porque tienen que pensar muy poco y escribir menos, estos ejercicios son poco interesantes para el aprendizaje.

Unos buenos ejercicios habitualmente han de promover la aplicación de habilidades cognitivo-lingüísticas complejas, que favorezcan el establecimiento de interrelaciones, el análisis, la deducción, la síntesis y la evaluación. Algunas ideas de interés son:

- En todo escrito es importante el destinatario. Si es el profesor, los alumnos acostumbran a esforzarse poco en explicitar las ideas, ya que consideran que él ya sabe sobre el tema y entenderá lo que quiere decir. Por eso, es importante proponer actividades en las que el destinatario no sea alguien experto. Por ejemplo:

  > Escribir un artículo para la revista de la escuela (o del barrio) en el que se explique lo que hemos aprendido en clase sobre el sida: ¿qué es?, ¿se puede curar?, ¿cómo se transmite?... El escrito ha de tener entre 20 y 25 líneas.

- Otro de los problemas debidos a la redacción del ejercicio se derivan de la dificultad de compartir el *nivel de explicación* esperado. Hay cuestiones que se pueden responder con una sola palabra o elaborando textos complejos. Por ejemplo, ante la pregunta "por qué el virus del sida es perjudicial", el alumno puede responder diciendo sólo "porque ataca el sistema inmunitario", o elaborar textos más largos referidos al funcionamiento de dicho sistema inmunitario.

  Por ello, en el planteamiento de los ejercicios es importante indicar explícitamente la finalidad de la explicación o qué modelos y teorías es necesario utilizar:

  > Los padres de María la llevan por primera vez a la guardería y en el último mes ya ha estado tres veces enferma, aunque en la escuela se cumplen estrictamente las normas de higiene.
  >
  > Cuando visitan al médico le preguntan si la causa de sus enfermedades es la escuela y por qué los más pequeños y a la vez más vigilados higiénicamente se ponen enfermos tan frecuentemente. El médico les habla de la respuesta y memoria inmunitaria. Escribe una explicación más amplia de lo que crees que ha querido explicarles el médico.

- También son interesantes los ejercicios que implican comparar situaciones distintas:

  > Justifica las diferencias entre lo que sucede cuando se inyecta una vacuna o cuando entra un microbio por contagio.

- En general, las actividades que implican analizar datos y gráficas son un buen recurso:

Esta información recoge las características de una enfermedad infecciosa muy común *(se adjunta un ejemplo).*

– Determina cómo está organizada la información en la ficha.
– Elabora otras con la misma organización para las siguientes enfermedades: tuberculosis, tifus, salmonelosis.
– Agrupa las enfermedades en función del aparato al que afectan.

- También son de interés los ejercicios que piden la representación gráfica o simbólica de ideas o procesos.

Dibujad un cómic para la campaña antitabaco, que se pudiera publicar en el boletín municipal. Centrad vuestros argumentos alrededor de la idea de que "en igualdad de condiciones, una persona fumadora tienen más posibilidades de coger un resfriado que otra no fumadora", fundamentándolos en los conocimientos aprendidos.

Como ya se ha indicado, será necesario enseñar a los estudiantes a identificar las características de los distintos tipos de texto asociados a cada demanda: descriptivo, explicativo, justificativo, argumentativo, definición..., y a valorar la calidad en su elaboración. No se puede aceptar el "ya se entiende" o "no estamos en la clase de lengua", ya que una idea no está bien aprendida si no se sabe expresar adecuadamente.

También se puede clasificar como "ejercicios" la realización de otras actividades relacionadas con el uso o aplicación de instrumentos gráficos, como los mapas conceptuales, los diagramas o la V de Gowin, que se desarrollarán en el capítulo 10.

9.5. Juegos y dramatizaciones

Otro tipo de actividades que se pueden aplicar en el aula son los juegos y las dramatizaciones. A menudo se considera que las actividades de las personas se dividen entre trabajo (obligación) y juego (placer). La escuela no está al margen de esta división. Sin embargo, de la misma forma que se puede encontrar placer en el trabajo, también es posible que en la escuela se aprenda disfrutando.

Pero el juego no se define sólo por su componente lúdico, sino también por ser un producto de la civilización caracterizado por la combinación de conjuntos de reglas y de azar. Para Wittgenstein, conocer es aprender a jugar a los diferentes juegos que el hombre ha ido creando, ya que cada ciencia es un juego con sus propias reglas. El azar y las leyes de la naturaleza son los elementos del juego y las consecuencias del azar se pueden regular, para lo cual las personas deben utilizar todas sus capacidades para reafirmarse como jugadores y para no terminar siendo un juguete del azar.

Esta visión del juego le confiere un especial interés didáctico y hace que "jugar" sea una actividad muy rica y valiosa en el aprendizaje y, en algunos casos, difícilmente

sustituible. Por ejemplo, los *juegos de simulación* son muy útiles en Educación Ambiental, ya que permiten superar las barreras del espacio y del tiempo inherentes a cualquier experiencia real. En las diferentes fases de la actividad de juego, realizada con tablero, con ordenador o escenificado, se puede viajar a través del tiempo y del Planeta (y si es necesario del Universo), lo que permite reconocer consecuencias no inmediatas de las acciones dentro o fuera del propio entorno (cuadro 9.29).

Cuadro 9.29. *Un juego de simulación.*

El bosque de los jabalíes

La finalidad de esta actividad es poder comprender cómo en función de la abundancia o escasez de recursos en un medio, una población de jabalíes crece, disminuye o desaparece. Al mismo tiempo, reconocer que esta fluctuación muestra que la naturaleza no es estática y que la conservación de los hábitats es clave para el mantenimiento de las especies.

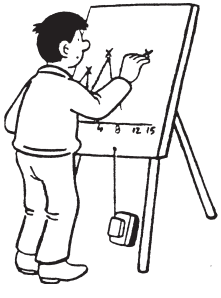
Los jabalíes se desplazan en busca de alimento, agua y refugio que necesitan para vivir. En el juego los participantes (un mínimo de 15) se dividen entre jabalíes y estos elementos del hábitat, colocándose en dos lados de la clase o espacio de juego. El número de jabalíes es, al inicio, la cuarta parte.

En cada jugada los jabalíes tendrán que decidir lo que van a buscar (alimento, agua o refugio) y los alumnos del otro grupo qué elemento son. Cada uno lo representa con gestos: si se trata de comida, se pondrán las manos en el vientre, si es agua se taparán la boca con ellas y, si es refugio, las juntarán encima de su cabeza. En cada jugada se puede cambiar la opción tomada.

Una vez ya decidido, los jabalíes irán en busca del elemento que habían seleccionado, llevándoselo a su lado si lo encuentran y reproduciéndose (la persona-elemento se transforma en cría de jabalí), o quedándose en el lado de los componentes del hábitat si no lo encuentran pero muriendo y quedan integrados en el medio (se "transforman" en un elemento del medio).

El juego se repite unas 15 veces, anotando en un gráfico el número de jabalíes que hay al finalizar cada jugada. Al terminar la actividad se comentará el gráfico obtenido.

Se puede intervenir en el juego simulando desastres naturales o provocados por las personas, como sequías (falta el componente "agua"), temporales de viento y nieve (no hay "refugio"), plagas, enfermedades, fuego, transformación en un campo de golf..., y analizar cómo se traduce en la población de jabalíes.



Fuente: Adaptación de: Teresa Franquesa *et al.: Hàbitat, guia d'activitats per a l'educació ambiental*. Institut d'Educació. Barcelona, 1998.

En este tipo de actividades se juega con muchas variables, cada una de las cuales tiene unas reglas de actuación bien definidas pero que se pueden combinar en función de las decisiones que van tomando los jugadores-alumnos. El juego de simulación proporciona un marco de referencia que ayuda a valorar situaciones desde un punto de vista multidisciplinar, a poner de manifiesto la importancia de tener en cuenta los diferentes valores e intereses y capacita para la toma de decisiones, que en muchos casos implican incertidumbre.

La simulación ofrece estímulos para examinar modelos teóricos y para reconocer su aplicación en situaciones sociales cotidianas. Ayuda a romper la tendencia al pensamiento lineal y reduccionista, y abre la puerta a nuevos estilos de razonamiento útiles para el análisis y resolución de problemas abiertos.

En este sentido también son muy interesantes los *juegos de rol*, especialmente en el desarrollo de actitudes. Posibilitan el análisis y la comprensión de los diferentes comportamientos, puntos de vista y valoraciones, y ayudan a evitar las clasificaciones de las actuaciones sólo en *buenas o malas*. En estos juegos (véase el cuadro 9.30) las reglas generalmente están poco definidas, aunque están presentes y todos los jugadores saben si se transgreden.

Cuadro 9.30. *Un juego de rol.*

La fábrica de Villarriba

Instrucciones:

1. Objetivo

   Obtener la concesión del Ayuntamiento de Villarriba para poder construir una fábrica de conservación de carne de cerdo.

2. Situación

   Sois un grupo de empresarios que presentan un proyecto de construcción de una fábrica de conservación de carne de cerdo al Ayuntamiento de Villarriba. Vuestro pueblo es un gran productor de cerdos y, desde hace tiempo, se ha originado un gran excedente. El Ayuntamiento ha convocado el proyecto para que estos cerdos se puedan aprovechar y, al mismo tiempo, dar trabajo a sus vecinos, sobre todo a vosotros, los jóvenes, que empezásteis a marcharos del pueblo para ir a trabajar a las grandes ciudades. Tenéis que preparar y defender este proyecto con argumentos bien construidos y consistentes con el fin de obtener la concesión. La presentación se realizará en el salón de Plenos del Ayuntamiento, delante de los concejales de Medio Ambiente y de Industria, y de la excelentísima alcaldesa.

   Deberéis ser respetuosos con los argumentos de los demás equipos, participativos, respetar el turno de palabra y hablar educadamente.

3. Participantes

   Cuatro equipos, un concejal de Medio Ambiente, una concejala de Industria y una alcaldesa.

(.../...)

4. Material
   - Cuatro fichas: congelación, salazón, enlatado y conservado al vacío.
   - Un tablero con 4 casillas que se tienen que ir superando y una casilla final que representa la fábrica de conservación a construir. Las casillas representan lo que se va consiguiendo del Ayuntamiento para llegar a poder construir la fábrica:

     1. El terreno.
     2. El material y los trabajadores de la construcción.
     3. La infraestructura de la fábrica: trabajadores, carne, camiones, máquinas...
     4. La llave de entrada.

   - Ruleta con 10 entradas: tiempo de conservación, tiempo de elaboración, variación de las características organolépticas y nutritivas, manipulación del alimento antes de consumir, base técnica, infraestructura, almacén, transporte, salida al mercado e impacto ambiental.
   - Hojas de información sobre aspectos relacionados con las distintas técnicas de conservación de alimentos.

5. Normas del juego
   a) Inicio: se escogen los miembros de los equipos y el tipo de conservación por sorteo. Cada equipo dispondrá de una ficha según el tipo de fábrica que le haya tocado proponer. Se sortea el orden de intervención de los equipos participantes.
   b) Desarrollo: el primer equipo tiene que defender su proyecto argumentando sobre el tema que determine la ruleta. Puede utilizar la información que se le da, o bien otras. Las concejalas y la alcaldesa evaluarán la construcción de la argumentación, su exposición y la capacidad de convencimiento. Podrán pedir la opinión al resto de participantes, si así lo creen oportuno.

   Si la evaluación es buena (convence), el equipo avanza a la casilla número 1, y consigue la concesión de los terrenos para construir la fábrica. Si la argumentación no es buena, no avanza ninguna casilla.

   A continuación, tiene el turno el segundo equipo, que argumentará sobre el aspecto que le determine la ruleta; y así sucesivamente.

   Gana el equipo que llega primero a la llave de la fábrica y, por tanto, la puede construir.
   c) Penalizaciones: un equipo puede ser penalizado por las concejalas o la alcaldesa a volver una casilla atrás si alguno de sus miembros no respeta a algún participante, si levanta demasiado el tono de voz y no mantiene la compostura, o si insulta a alguien o utiliza palabras groseras.

Fuente: Anna Sardà (1998): Guía Praxis de Ciencias de la Naturaleza.

Otros tipos de juegos pueden tener como único objetivo estimular al alumnado en la memorización de informaciones o en la aplicación de diferentes algoritmos o reglas. Las estructuras de estos juegos son sencillas, conocidas por los alumnos y pueden ser aplicadas en contextos bien diferenciados. Las grandes tipologías son:

– Los juegos de que implican establecer corresponencias uno a uno o aparejar: tipo “dominó”, “loto”, “memory”, “la mona”, “bingo”, etc. En ellos se tienen

que asociar dos datos. Por ejemplo, pueden ser útiles para la memorización de fórmulas químicas, ya que los alumnos tienen que asociar un nombre con una fórmula. Pero la realización de estos juegos no excluye la construcción del concepto de *fórmula,* y carecen de sentido si las sustancias no tienen significado real para el alumnado.

– Los juegos tipo "Oca" o "Parchís" se caracterizan porque el nivel de decisiones a tomar por el jugador son muy pocas y los caminos a seguir están bien marcados por las reglas del juego. Se utiliza para memorizar hechos o normas.
– En los juegos tipo "Buen viaje" se define la situación inicial y la final, pero se pueden tomar decisiones sobre cómo ir de un sitio a otro. En las clases de Ciencias, esta estructura se utiliza en la simulación de procesos que pueden tener varias formas de realización distintas y analizar los costes energéticos, en materiales, etc.
– En otros tipos de juegos, como el "Monopoly" u otros, el número de decisiones a tomar es más alta que en los juegos anteriores.

En todos los juegos se necesita disponer de un cierto grado de información a partir de la cual se toman decisiones dinámicas, es decir, que van cambiando en función de cómo se desarrolla el juego, en el que hay un componente de azar. En algunos juegos, la autonomía es muy pequeña, pero en otros es similar a la que se da en la vida cotidiana.

Otro tipo de actividades interesantes son las dramatizaciones. En ellas los alumnos pueden:

- Recrear hechos, historias sobre personajes e ideas extraídas de la historia de la ciencia. Por ejemplo, se puede organizar una representación teatral sobre la evolución histórica de las teorías que explican la naturaleza del átomo o de la luz. Los alumnos, en pequeños grupos, tienen que buscar información sobre cada teoría y encontrar las formas de comunicación que mejor ayuden a la comprensión de las ideas. También se puede representar la vida de científicos y sus descubrimientos (Galileo, Fleming, Marie Curie y muchos otros), aunque en estos casos se necesita un guión común previo. Estas dramatizaciones se pueden realizar ante compañeros de otros cursos o incluso familiares.
- Representar la modelización de fenómenos. En este caso, la dramatización desempeña el papel de una analogía. Los alumnos personajes pueden ser partículas, rayos, organismos, etc. Por ejemplo, el guión descrito en el cuadro 9.31 es uno entre otros que se pueden proponer para representar propiedades del agua: tensión superficial, capacidad calorífica, poder solvente, cambio de estado, etc. Al azar, cada grupo de alumnos recibe una tarjeta-guión para preparar su dramatización. El resto de la clase deberá adivinar qué propiedad están representando, y a partir de ello se puede discutir el modelo expresado, sus cualidades y sus limitaciones.

Cuadro 9.31. *Guión de una "hidro-representación".*

¿Por qué se expande el agua cuando se congela?

Materiales que necesitaréis: cuerda, un signo etiquetado "extractor de calor" y yeso.

Todos los miembros del grupo, menos uno, representan las moléculas de agua en estado líquido. Atar cuerdas alrededor de vuestras cinturas, dejando una punta colgando por detrás. Vuestras espaldas representan el polo negativo de la molécula. Indicar el polo negativo manteniendo vuestros brazos delante, paralelos al suelo, doblados en forma de "V" (cada uno de ellos).

Con tiza marcar en el suelo un límite alrededor de todos los miembros del grupo, para representar las paredes de un vaso. Como líquido, las moléculas se mueven dentro de los límites, manteniéndose próximas las unas a las otras. Otro miembro del grupo (un estudiante "frío"), representa un extractor de calor que "absorbe" energía golpeando las moléculas (las toca en el hombro). Cuando las moléculas son golpeadas, empiezan a moverse más lentamente (vuestra energía se está transfiriendo al "extractor de calor").

Cuando las moléculas de agua se mueven más lentamente, las uniones entre las moléculas se forman más fácilmente. Cuando se unen lo hacen de 6 en 6, formando un hexágono y dejando un espacio en medio. Para representarlo, los miembros del grupo que han disminuido la velocidad de movimiento tendrían que cogerse los unos a los otros (a través de las cuerdas). Apartaos los unos de los otros hasta que las cuerdas estén tensas. Es posible que no haya suficiente espacio entre los límites fijados, por lo que algunos de los miembros del grupo deberán colocarse fuera de los límites de la marca del yeso.

Fuente: Adaptación de: *Project WET*, Universidad del Estado de Montana, 1995.

Todo este tipo de actividades requieren una buena organización, ya que rompen con las rutinas habituales. Como siempre, será necesario pactar reglas de funcionamiento y, para su éxito, será fundamental anticipar posibles motivos de desorden y discutirlos previamente en el marco del grupo-clase. También es fundamental que al profesorado le gusten estas actividades y esté convencido de su interés para el aprendizaje.

10
Instrumentos y recursos

El aprendizaje necesita instrumentos y recursos mediadores entre el modelo que se quiere que los estudiantes construyan y la realidad. El lenguaje verbal es el principal medio utilizado, que se complementa con otros lenguajes de todo tipo: gestual, gráfico, matemático... Otros medios para aprender son la experimentación con objetos de la naturaleza, las maquetas y los modelos.

Cada persona ha aprendido a lo largo de su vida a utilizar técnicas e instrumentos que le facilitan el estudio y entre la gran diversidad de los disponibles ha escogido unos que considera más útiles. Por ejemplo, al escribir un texto con ordenador algunos prefieren hacer antes esquemas y diseños gráficos con papel y lápiz, otros, resúmenes o índices. Otros, en fin, prefieren teclear directamente en el ordenador. En la escuela obligatoria será importante que los estudiantes aprendan a utilizar la gama más amplia posible de medios y a optar por el más idóneo en función de la tarea.

Actualmente, se dispone de una gran cantidad de recursos para el tratamiento de la información y la comunicación, lo cual puede promover una mayor motivación del alumnado y facilitar que la enseñanza sea más eficaz y de una mejor respuesta a la diversidad del alumnado.

Podemos distinguir los siguientes medios:

- Organizadores gráficos.
- Maquetas, analogías, metáforas.
- Recursos bibliográficos.
- Recursos audiovisuales.
- Recursos informáticos.

10.1. Organizadores gráficos

Son representaciones visuales utilizadas en la comunicación de las ideas, tanto por el profesorado como por el alumnado. Todo el mundo ha realizado alguna vez un esquema para sintetizar sus concepciones, para planificar un trabajo o para exponer sus puntos de vista a los demás. La comunicación de las ideas es mucho más rápida a través de sistemas gráficos, siempre que se comparta el modelo subyacente a la representación.

También son útiles para recordar algo, ya que dan una información globalizada y no es necesario invertir tiempo en relecturas largas.

Pero su utilidad principal en el aprendizaje es que a través de ellos se promueve la metacognición y se facilita la regulación. Cuando una persona organiza gráficamente sus ideas, tiene que tomar conciencia de los aspectos más significativos y de sus relaciones. Mientras realiza la actividad, va tomando decisiones acerca de los cambios a introducir en función de la finalidad perseguida.

Al mismo tiempo, facilitan la regulación interactiva. Un organizador gráfico puede expresar ideas que escritas verbalmente necesitarían muchas páginas. A otra persona le resulta más rápido reconocer en él las incoherencias o errores que en un texto, y también discutir sobre ellos. Son instrumentos que permiten reflexionar sobre lo que se está haciendo en clase y ayudan a los alumnos a aprender a aprender.

Entre los más utilizados en las clases de Ciencias se pueden destacar:

a) Los mapas conceptuales.
b) La V heurística o "V de Gowin".
c) Las bases de orientación.

También se pueden utilizar diagramas de flujo y esquemas de todo tipo.

A) Los mapas conceptuales

Los mapas conceptuales (M. C.) fueron propuestos por Joseph D. Novak como una forma gráfica de representar relaciones significativas entre conceptos en forma de proposiciones.

La diferencia principal entre un M. C. y los esquemas clásicos es precisamente la explicitación del sentido de las relaciones entre los conceptos. Su interés radica, por un lado, en que al elaborarlo se promueve la selección y construcción de relaciones significativas entre conceptos. Por otro, facilita la comunicación de las representaciones y su evaluación-regulación.

En la elaboración de estos mapas es necesario:

- Identificar y seleccionar los conceptos relevantes que será necesario interrelacionar.
- Establecer una jerarquía entre ellos, diferenciando entre los más generales y los más particulares. Generalmente, se construyen situando en la parte superior los más generales y en la inferior los ejemplos, pero ésta no es una condición fundamental.
- Unir con líneas los conceptos que se considere que se puedan relacionar y especificar la proposición que los une, llamada *relacionante*. Entre los dos conceptos y el relacionante se ha de poder leer una frase que tenga sentido. Es conveniente que las frases sean largas y evitar en lo posible el uso de verbos o expresiones simples y repetidas ("tiene", "es"...).
- Un concepto puede estar relacionado con varios de los incluidos en el M. C. De hecho, los mejores mapas son los que tienen un buen número de relaciones cruzadas.
- La organización final ha de facilitar la lectura y debe ser visualmente atractiva.

Dos M. C. muy distintos pueden ser igualmente válidos. Por tanto, su realización favorece la creatividad y rompe con la concepción de que sólo hay una forma válida de decir las ideas o de hacer algo.

Es importante tener en cuenta que un mapa no nos dice lo que hay en la mente de una persona, su modelo mental. Sólo nos da información acerca de cómo representa relaciones entre ideas o conceptos cuando las concreta para un determinado fin. Por ejemplo, los M. C. que elaboran los alumnos están condicionados por lo que ellos creen que el profesorado valorará. Ello no implica que no sean útiles para aprender y para aprender a aprender.

Los M. C. pueden cumplir muchas funciones a lo largo del aprendizaje:

- Como instrumento para comunicar objetivos. En estos casos el mapa lo elabora el profesorado, relacionando los principales conceptos de los que se va a hablar en la U. D. Sirven para ir haciendo referencia a él a medida que se desarrollan las distintas secuencias de enseñanza.

  También se puede elaborar conjuntamente entre el grupo-clase, a partir del concepto más general o modelo que se pretende que los alumnos construyan. A medida que se van construyendo subconceptos, se va elaborando el mapa a partir de la discusión colectiva, que se puede dibujar en un mural día a día.
- Como instrumento para promover que los alumnos sinteticen sus representaciones. Si se construyen al inicio de un proceso de enseñanza, tienen una función de exploración. A partir esta representación, se pueden identificar concepciones alternativas y los alumnos pueden reconocer las diferencias de puntos de vista que se dan en un grupo-clase (véase el cuadro 6.9).

- En otros casos puede ser una tarea complementaria a la lectura de un texto. Es interesante comprobar que hay estudiantes que tienen mucha dificultad para organizar e interrelacionar las ideas, y sólo saben resumirlas linealmente (figura 10.1). Los buenos mapas tienen una estructura más horizontal y ha de contener relaciones entre conceptos (figura 10.2).
- También se pueden proponer para el momento del proceso de enseñanza orientado a la recapitulación y toma de conciencia de lo que se ha aprendido. Puede partirse de unas primeras elaboraciones individuales para luego compararlos y revisarlos en pequeño grupo (véanse las figuras 12.2 y 12.3).
- Otra de las utilidades de los M. C. es usarlos como instrumento de evaluación final. Para ello se pueden elaborar criterios de evaluación que tengan en cuenta la significatividad y número de los conceptos seleccionados, su jerarquización y las interrelaciones incluidas.

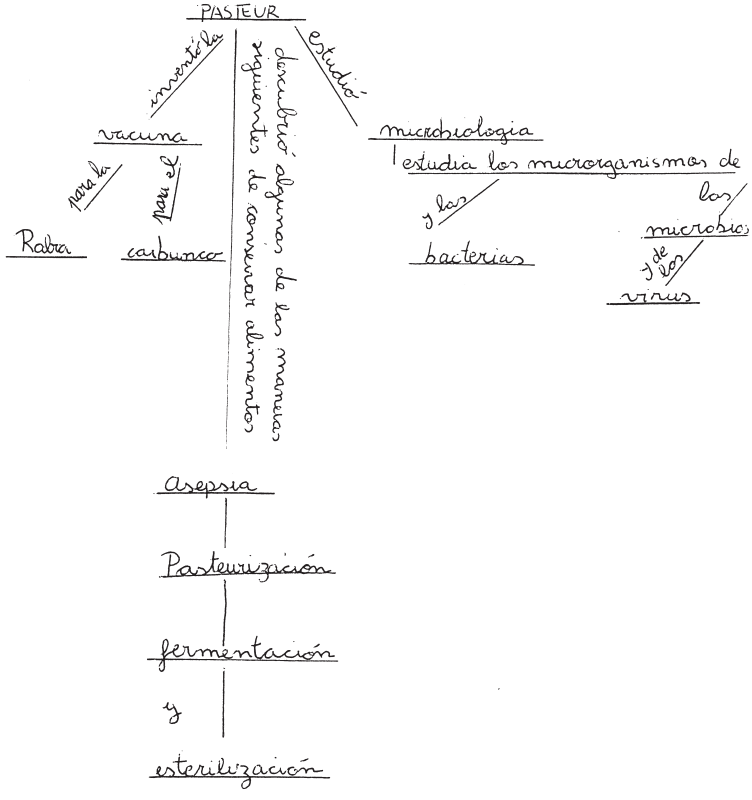


Figura 10.1. Mapa conceptual elaborado a partir de la lectura de un texto: estructura lineal. *Fuente:* C. Márquez, 1996.

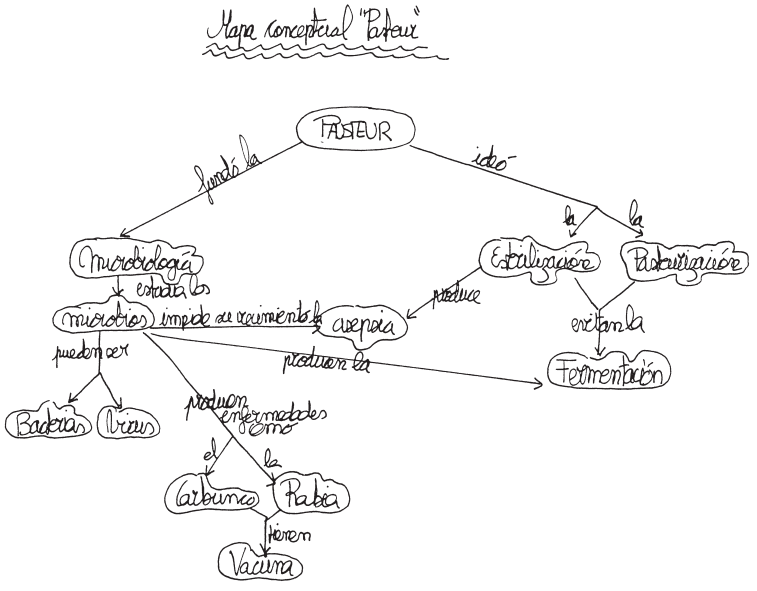


Figura 10.2. Mapa conceptual elaborado a partir de la lectura de un texto: estructura no lineal. *Fuente:* C. Márquez, 1996.

A veces se pueden dar mapas semielaborados, que los alumnos habrán de completar rellenado huecos, tanto relativos a conceptos como a relacionantes. Pero desde el punto de vista del aprendizaje es mucho mejor que cada estudiante realice el esfuerzo de concretar su propia representación y de mejorarla (autorregularla) con la ayuda del profesorado y de los compañeros.

B) La V heurística o "V de Gowin"

La *V heurística* (o de Gowin) es un instrumento, propuesto por Bob Gowin en 1970, para representar la estructura del conocimiento científico. Planteó una estructura visual arbitraria en forma de V, de manera que permitiese relacionar fácilmente los dos tipos de información de que se dispone en el laboratorio: la teórica y la deducida de la experiencia.

En la realización de trabajos prácticos es habitual que el alumnado esté ocupado en registrar informaciones, en transformar estos registros en gráficas y en dar unos resultados, sin saber muy bien por qué. En pocas ocasiones utiliza los conceptos o la teoría para comprender por qué ha decidido observar determinados acontecimien-

tos, por qué registra determinados datos o por qué muchas veces son incorrectas las conclusiones que se pueden sacar de los datos cuando se comparan con los de un libro.

Así pues, uno de los problemas que tiene que afrontar el profesorado después de cada experiencia de laboratorio es dar significado a los resultados obtenidos en el experimento e intentar relacionarlos con los modelos teóricos que se están construyendo. La V heurística facilita esta tarea.

Todas las "V" se caracterizan porque en ellas se diferencian cuatro regiones, aunque cada profesor puede concretar los distintos subapartados y títulos en función de sus objetivos y estilos. Uno de los posibles es el reproducido en la figura 10.3. Cada una de las regiones tiene una finalidad importante. Son:

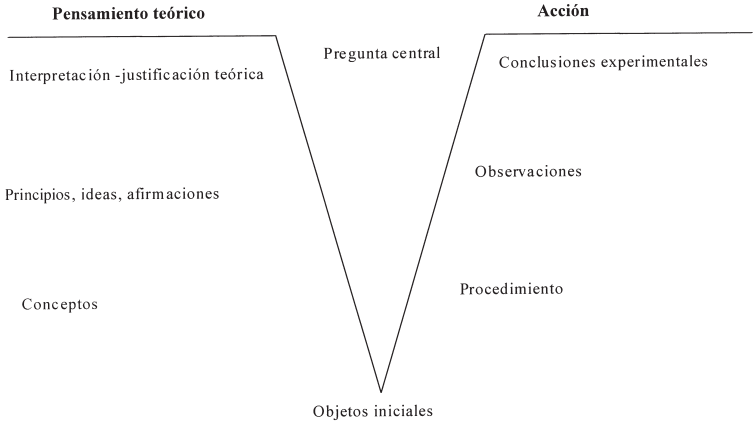


Figura 10.3. Ejemplo de "V" heurística.

- *La pregunta central que guía el trabajo experimental.* Esta pregunta refleja los objetivos. Una buena pregunta ayuda a saber qué se ha de observar, cómo hacer la observación y cómo pensar acerca de ella.
- *Los objetos y materiales necesarios.* Se nombran en el vértice de la V y son el punto de partida del trabajo a realizar.
- *El proceso seguido en la experimentación y los resultados obtenidos*. En la parte derecha se indica todo lo relativo al procedimiento, los datos y su transformación, ya sea en forma de gráficos o de cálculos. En esta región de la "V" también se escriben habitualmente las conclusiones experimentales. Se empie-

za por la parte inferior, y cada nivel indica un paso en el proceso de recogida y análisis de los datos.

- *Los conceptos y modelos teóricos que "dan sentido" a las observaciones.* En la parte izquierda se escribe todo lo que ha permitido formular la pregunta que genera el experimento e interpretar las observaciones y conclusiones experimentales. Implica reconocer los conceptos, principios y modelos teóricos en los que se fundamenta la interpretación. También se empieza escribiendo por la parte inferior.

La construcción de la "V" supone que todos los apartados que la constituyen están en constante interrelación, de modo que a veces una buena descripción del fenómeno supone la reformulación de la pregunta clave, o a la inversa. La identificación de los principios teóricos relacionados con el experimento ayuda a dar coherencia interna a todo el trabajo. El alumnado acostumbra a tener dificultades en establecer esta interacción activa entre la parte izquierda de la "V", la componente relativa al pensamiento, con la parte derecha relativa a la actuación. Esta interacción entre conocimientos y experiencias es lo que intenta promover la "V de Gowin" (figura 10.4).

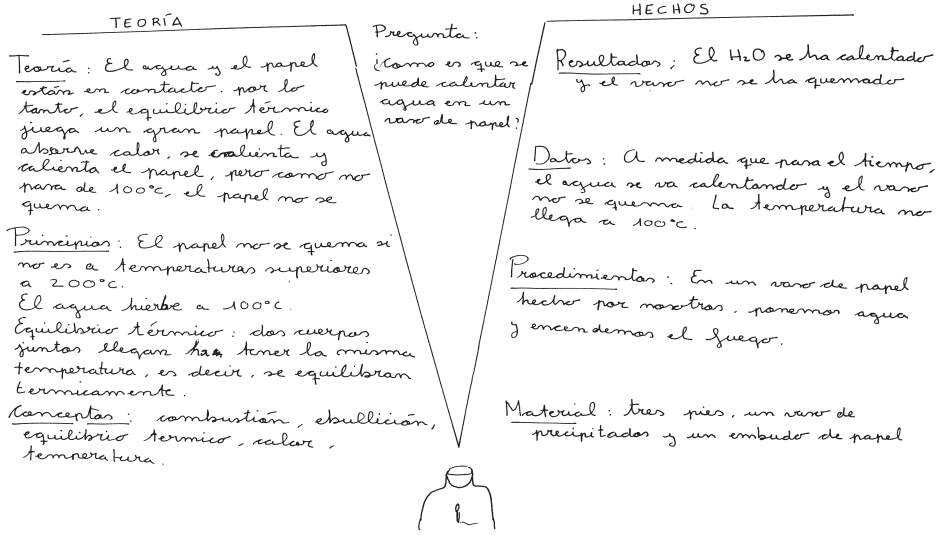


Figura 10.4. Ejemplo de la "V de Gowin".

La "V" no sustituye el tradicional informe de laboratorio y, de hecho, proporciona un esquema para su elaboración, si es que se considera conveniente para el

aprendizaje. Pero en algunas ocasiones es suficiente para promover la discusión sobre el trabajo práctico realizado y los estudiantes agradecen no tener que escribir tanto.

La síntesis en una sola página del trabajo y de las reflexiones de cada alumno (o de cada grupo) facilita la evaluación formativa y, consecuentemente, la regulación de las representaciones. El profesorado puede reconocer fácilmente dónde están las principales dificultades de los estudiantes y le es más fácil ayudarles a que identifiquen sus causas. Los propios estudiantes también pueden centrarse más en los aspectos importantes a regular. Muchas veces, el primer problema es que no se plantean una buena pregunta y la discusión puede centrarse en este punto. En otras, se puede validar colectivamente la interpretación elaborada al dar respuesta a la pregunta, y cómo se utiliza el modelo teórico correspondiente. Puede haber formulaciones distintas, todas válidas, que se pueden compartir.

La "V" heurística también puede utilizarse en la resolución de problemas, ayudando a hacer más explícito el fenómeno al que se refiere el enunciado y el marco teórico en el que se ha formulado la pregunta. La conclusión es la solución del problema.

C) Bases de orientación

Las *bases de orientación* (B. O.) son sistemas de representación de la acción que incluyen las indicaciones necesarias para dar respuesta a un problema o pregunta concretos.

Muchas veces se tiende a actuar sin reflexionar sobre si la planificación es la adecuada. También se acostumbra a dar respuesta a problemas y preguntas "probando" si se acierta en cada caso concreto y corrigiendo los errores que se producen en cada uno de ellos. Algunos alumnos aprenden por el sistema acierto-error, pero la mayoría se desanima antes de haber llegado a construir un modelo de pensamiento y actuación útil.

Estas conductas conllevan dos tipos de dificultades. Por un lado, no se tiende a pensar antes de actuar, es decir, a anticipar y planificar la acción. Se desarrollan mecanismos de copia y de memorización, porque el acento se pone en los resultados finales y no tanto en el proceso. Por otro lado, no se promueve la abstracción de las características generales que caracterizan un determinado modelo o procedimiento. Para el alumno, cada situación o problema es nuevo.

La B. O. intenta poner el acento de la actividad en la anticipación y planificación. Por ejemplo, más importante que saber si el agua es un elemento o un compuesto es anticipar los criterios en qué pensar u observar para dar respuesta a esta pregunta. Y, como hemos visto, para tener éxito en resolver problemas es necesario representarse adecuadamente el plan de acción correspondiente.

Para aprender (y para enseñar) es mucho más *rentable* dedicar tiempo a la evaluación-regulación de la planificación de la acción que a la corrección de los resultados de aplicarla. Esto es así tanto porque el tiempo invertido a la larga es mucho menor, como porque es mucho más gratificante. Darse cuenta de que los problemas y otras tareas no se resuelven adecuadamente es desanimador, mientras que revisar una planificación se acepta anímicamente mejor, ya que se considera una parte del proceso de aprender.

Para construirlas será necesario:

- Definir el *tipo* de pregunta o problema al que se pretende dar respuesta a partir de la acción (cómo aplicar un procedimiento, cómo saber si un organismo o material pertenece a un determinado grupo, anticipar la incidencia de determinadas variables en un fenómeno...). Serán problemas generales, ya que la base de orientación ha de poder respuesta a preguntas concretas distintas.
- Identificar las diversas categorías en las que se puede subdividir el problema planteado (por ejemplo, averiguar experimentalmente el valor de la densidad de un material dependerá de si es un gas, un líquido o un sólido, y aun en este último caso dependerá de si es un sólido regular o no).
- Imaginarse y explicitar las acciones necesarias para dar respuesta a la pregunta, formulándolas de la forma más abstracta y general posible. Ello implica representarse los conocimientos necesarios y seleccionar las variables necesarias y suficientes que se han de tener en cuenta.
- Ordenar las acciones a lo largo del tiempo.

Los alumnos y alumnas han de aprender a elaborar las B. O. a partir de los conocimientos que van construyendo. Cada estudiante concretará la suya propia a partir de sus conocimientos y pocas veces sirven las elaboradas por otras personas. Es lo mismo que sucede cuando se aprende a utilizar un determinado programa informático. Las guías escritas por otros, aunque sean muy expertos, sirven poco y lo más habitual es que cada persona elabore la suya propia asistiendo a cursos. En estos casos el profesorado dará las mismas indicaciones a todos, pero los "planes" elaborados por cada persona que aprende serán distintos.

Las B. O. se pueden mejorar al intentar aplicarlas y observar que no acaban de adecuarse a las finalidades (autoevaluación) o con la ayuda del profesorado o de los compañeros o compañeras.

Cuando la tarea es compleja, generalmente es mejor elaborarlas colectivamente (que es distinto de darlas ya hechas). Los criterios y operaciones se recogen y discuten entre los que proponen los componentes del grupo-clase o del pequeño grupo (que se supone que han construido a través de actividades realizadas con anterioridad). Las bases de orientación son, pues, instrumentos útiles para sintetizar y tomar conciencia de los mode-

los construidos, antes de transferir su uso a ejemplos distintos de los utilizados para su aprendizaje.

10.2. Maquetas y modelos

En el proceso de establecer y validar relaciones entre el mundo real y el mundo de los modelos teóricos es muchas veces necesario utilizar maquetas o modelos. Se pueden distinguir dos finalidades en su uso, aunque están fuertemente interrelacionadas:

- Facilitar la observación de algún objeto o fenómeno.
- Promover la inferencia y génesis de modelos teóricos.

Muchas veces no se puede observar directamente un hecho, por lo se utilizan modelos didácticos intermediarios para poder hablar sobre él. Por ejemplo, una maqueta puede reproducir un paisaje observado en una salida y al representarlo permite discutir los aspectos observados y las variables más relevantes, e incluso simular cambios. Se pueden utilizar maquetas o modelos para representar el sistema Sol-Tierra-Luna o el funcionamiento del corazón, o representar la formación de pliegues o de fallas ejerciendo fuerzas sobre materiales blandos o duros.

Paralelamente, también se utilizan materiales didácticos para representar y hablar de los modelos teóricos. Una fórmula como la del metano CH_4 es una abstracción del modelo que imaginamos para representar la estructura de este gas. El uso de modelos moleculares tridimensionales (de los que existen en el mercado o los creados con materiales bien diversos: corcho, porexpan, plastilina...) posibilita imaginarse mejor la distribución en el espacio de las partículas y de las relaciones entre ellas, y poder establecer conexiones entre el modelo y algunas de las propiedades de la sustancia. De la misma forma, se utilizan cuerdas y muelles para "jugar" con el modelo "onda" o una caja cerrada conteniendo algún objeto para discutir sobre el propio concepto de modelo (véase el cuadro 10.1).

Todos estos materiales tienen la función de desarrollar el pensamiento por analogías, que, como hemos visto, es muy importante en la construcción del conocimiento científico. Sin embargo, no hay que olvidar que muchas veces los alumnos confunden la analogía con la realidad, por lo que una tarea del profesorado es poner de manifiesto los aspectos divergentes. Por ejemplo, en un modelo Sol-Tierra-Luna las proporciones en los tamaños de los astros y en las distancias no se corresponderán con la realidad. Muchas veces, lo mejor es ofrecer a los alumnos la posibilidad de identificar con espíritu crítico las similitudes y diferencias, y de expresarlas.

Cuadro 10.1. *Un modelo del concepto de modelo.*

¿Qué hay dentro de la caja?

La finalidad de esta actividad es imaginar la naturaleza del objeto que hay dentro de una caja sin abrirla (es la misma situación en la que se encuentran las personas cuando intentan, por ejemplo, imaginar de qué está formada la materia).

1. Observa bien la caja, juega libremente con ella, muévela, sacúdela, dale la vuelta, sopésala, huélela, escucha el ruido que hace al moverla...
2. Una vez que tengas la primera información, piensa los aspectos que creas que es interesante observar de forma más sistemática. Escríbelos.
3. Recoge estas observaciones (datos) de la forma más exhaustiva que puedas y toma nota de todo (jugar con reglas equivale a experimentar).
4. Interpretando los datos que has obtenido, elabora una primera hipótesis sobre el contenido de la caja y describe la forma, el tamaño, el tipo de material... que imaginas que tiene el objeto de dentro de la caja (plantear hipótesis).
5. Compara resultados con tus compañeros/as (verificar): ¿Su caja contiene lo mismo que la tuya? ¿Coincidís en la hipótesis sobre el contenido? Una vez establecidas las comparaciones, repite las observaciones que creas necesario llevar a cabo para estar más seguro/a de tus predicciones.
6. Elabora tus conclusiones y razona adecuadamente por qué has llegado a las mismas.

Ahora puedes abrir la caja y comprobar si tu hipótesis era adecuada, aunque es mejor no abrirla porque así es en realidad el trabajo científico: sólo se puede construir una imagen mental provisional (un modelo) para explicar la realidad, que se mantendrá hasta que otro investigador consiga resultados más satisfactorios.

10.3. Recursos bibliográficos

Los libros y revistas son una fuente de información muy importante. No hay duda de que, aun actualmente, el libro de texto es el referente principal para alumnos y profesores. Pero también lo son las enciclopedias, los libros de consulta de todo tipo, las revistas, especialmente las de divulgación científica, y los periódicos.

La ventaja del libro de texto como facilitador de la tarea del profesorado es indudable. En él se encuentra una selección de las ideas más importantes redactadas de forma que puedan ser entendidas por los jóvenes, dibujos, esquemas y fotografías que ayudan a la visualización de los fenómenos y a su representación, y ejercicios y otras actividades útiles para el aprendizaje.

Sin embargo, el libro plantea el conocimiento ya construido, por lo que no sirve habitualmente para el proceso de construcción, al menos en sus etapas iniciales. Por necesidades de espacio y de precio, los libros de texto no pueden incluir todas las actividades necesarias para que los estudiantes puedan apropiarse del conoci-

miento. Para esta finalidad existen los llamados *proyectos* para la enseñanza de las Ciencias –muy poco utilizados en nuestro país–, que recogen propuestas de actividades de todo tipo, lecturas, trabajos prácticos, programas informáticos, ejercicios y, muy especialmente, orientaciones para el profesorado. Sólo el libro dedicado a este último propósito acostumbra a tener el doble de número de páginas que un libro de texto de uso habitual.

Consecuentemente, al libro de texto se le ha de dar su función como referente común de un grupo-clase y como síntesis de los aprendizajes, pero no el de mediador único del aprendizaje. Pocas veces es útil como punto de partida ya que sólo lo entienden las personas que ya conocen el modelo o concepto del que se habla (véase el cuadro 9.10).

En el aula se pueden utilizar otras lecturas para favorecer la construcción de conocimientos:

- Los periódicos reproducen noticias, tanto de avances científicos como de hechos, que son susceptibles de ser analizadas científicamente, posibilitando el establecimiento de relaciones entre fenómenos conocidos y marcos teóricos para interpretarlos. Una buena práctica es dedicar un período de tiempo semanal a comentar noticias científicas.
- Las revistas de divulgación científica también recogen este tipo de saberes, con la ventaja de que suelen estar muy bien ilustradas.
- Las enciclopedias posibilitan encontrar la información sobre aspectos concretos y buenas definiciones.
- Las biografías de personas científicas dan a conocer no sólo los descubrimientos, sino también el contexto en el que tuvieron lugar.
- Los libros de ciencia-ficción proporcionan elementos para motivar a una parte de los estudiantes y para que se planteen nuevas preguntas y problemas divergentes.
- Los libros de experimentos acostumbran a captar el interés y a ser fuente de nuevas ideas para el diseño de trabajos prácticos.
- Las colecciones de libros de divulgación científica son un buen complemento de los libros de texto.

10.4. Recursos audiovisuales

En la sociedad actual la imagen y el sonido son un medio fundamental para la comunicación entre las personas y también para la recogida de datos.

Su uso en la escuela es importante, ya que se puede facilitar un amplio abanico de funciones: motivar, informar, visualizar hechos, promover la comprensión de mar-

cos teóricos, sintetizar y evaluar. En el campo de la enseñanza de las Ciencias posibilita acercar al aula aspectos del medio que es difícil observar directamente, así como visualizar ideas abstractas.

Cada uno de los medios audiovisuales tiene unos objetivos didácticos distintos y es importante saberlos integrar de forma coherente en el diseño didáctico. Entre todos ellos se pueden destacar:

- Los **vídeos didácticos** son útiles en cualquier fase del proceso de enseñanza, tanto para presentar un problema y promover que los estudiantes expongan sus puntos de vista iniciales, como para introducir nuevas informaciones o datos, o sintetizar conocimientos. Existe una amplia gama de documentos ya preparados para su uso en el aula, con sus correspondientes guías didácticas.

  Generalmente, presentan una estructura lineal, dividida en secuencias que plantean subaspectos del tema principal. Permite repetir las secuencias siempre que se considere necesario, y parar la imagen para intercalar explicaciones complementarias o para plantear preguntas. Incluso es posible eliminar el sonido y substituirlo por la explicación oral del profesorado o por las de los propios alumnos.

  Los vídeos no pueden ser muy largos ya que, aunque inicialmente atraen la atención los alumnos, su interés decae rápidamente, y de forma especial cuando la cantidad de información recogida es muy grande. En el aula se han de utilizar junto con actividades complementarias, como dar respuesta a un cuestionario que se habrá discutido previamente, o elaborar un resumen de las ideas principales.

  El vídeo también se puede utilizar como medio para resumir y comunicar resultados de trabajos o de pequeñas investigaciones realizadas por el alumnado. Sustituye al tradicional informe escrito, ya que los estudiantes pueden grabar y recoger tanto sus observaciones y experimentos como las interpretaciones.

  Como en todos los otros recursos, la aplicación en el aula depende en buena parte del modelo de enseñanza de cada profesor o profesora. Se puede utilizar con una visión transmisiva de la enseñanza, o bien como medio para favorecer la construcción del conocimiento. En este último caso, es importante que se relacione con preguntas o problemas de interés, que tengan sentido para el alumnado, y que se promueva un uso no pasivo ni reproductivo de la información dada.
- La **televisión** ofrece también un amplio campo de datos e informaciones que son susceptibles de ser utilizados para el aprendizaje de las Ciencias. Teniendo en cuenta que es el medio de comunicación más visto por el alumnado, no se puede dejar de utilizar en el aula, especialmente como instrumento para conectar lo que los alumnos han visto y oído con lo que se pretende que apren-

dan. Por ejemplo, no se puede enseñar meteorología prescindiendo del análisis de la información del tiempo que se da en los programas informativos.

Los documentales son otra fuente de información que ofrece la televisón, y que se pueden grabar y readaptar a las características de un determinado grupo-clase.

También se puede utilizar la televisión como fuente de actividades cuyo formato se puede adaptar en el aula. Es el caso, por ejemplo, de programas de debates interesantes, cuyo conocimiento facilita que los estudiantes capten mejor las normas que los rigen.

- El **cine** es otra fuente importante de elementos para la enseñanza de las Ciencias. De una manera especial, las películas de ciencia-ficción posibilitan discutir su base científica.
- Las **diapositivas** tienen la ventaja de su fácil adaptación a las necesidades de cada sesión de trabajo, pero también el inconveniente de que se debe oscurecer el aula, lo que dificulta la comunicación profesor-alumnos.
- Las **transparencias** son muy útiles porque permiten mostrar imágenes parciales, lo cual facilita la transmisión secuencial de la información. Se pueden utilizar para motivar al alumnado y promover que se planteen preguntas, para dar datos e informaciones y, muy especialmente, para favorecer la comunicación de las producciones de los distintos grupos de alumnos, con lo cual se facilita la discusión de los distintos puntos de vista.
- Los **carteles** y **murales** tienen la ventaja de que se pueden instalar permanentemente en el aula, por períodos de tiempo prolongados y, consecuentemente, servir de referente y recordatorio de distintas clases. Pueden utilizarse tanto los que han sido diseñados por personas expertas como los realizados por los propios alumnos. Estos últimos son un medio excelente para la síntesis de aprendizajes y para su puesta en común.

10.5. Recursos informáticos

El desarrollo de medios informáticos, y en general de las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación (TIC), para el aprendizaje de las Ciencias es actualmente uno de los campos de investigación didáctica más dinámicos. El uso de la nuevas tecnologías ya está conllevando cambios en la realización de algunas actividades y es posible que a la larga afecten a la propia estructura organizativa de un centro y del currículo. Para algunos, estos cambios serán radicales, mientras que otros opinan que estarán relacionados más con la forma de realizar una buena parte de las actividades que con su fundamento didáctico.

Si se considera que la función de la escuela en el aprendizaje científico es sobre todo promover la construcción de modelos teóricos para dar sentido a hechos muy

diversos, y desarrollar la capacidad de las nuevas generaciones para comprometerse y actuar en función de dichos modelos, hay que ver dichas tecnologías en su dimensión justa como complemento de la tarea del profesorado.

Aun así, no hay duda de que las TIC son un recurso muy importante a disposición de alumnos y profesores, cuyo uso conlleva cambios en el trabajo habitual en muchas aulas. Por ejemplo, favorece:

- El trabajo en pequeños grupos, con lo que es posible que la realización de las actividades gire mucho más alrededor de esta forma organizativa y se prime la cooperación en vez de la competitividad.
- El análisis y la aplicación de las ideas, con los que es posible que las clases dejen de estar centradas en el recitado y lectura de textos.
- La motivación de una parte importante del alumnado, ya que el instrumento ordenador es una fuente de interés para algunos de ellos y ellas.
- La diversificación de las actividades. No todos los alumnos tienen por qué hacer lo mismo en el mismo período de tiempo.
- El seguimiento más individualizado del progreso y de las dificultades del alumnado. La evaluación no se referirá sólo a los exámenes finales y se podrán detectar errores y obstáculos mucho antes.
- La atención a estudiantes con dificultades específicas, ya que se podrá disponer de programas que faciliten su regulación.
- La expresión y discusión de las ideas utilizando formas de comunicación en las que no se prime sólo el componente verbal, sino también el visual.

Las aplicaciones de las TIC son muchas y muy variadas. En la enseñanza de las Ciencias hay que destacar su uso como:

a) **Base de datos** de fácil acceso, lo que permite que los estudiantes sean autónomos para disponer de información. Por ejemplo, los problemas se pueden plantear de forma mucho más abierta y el estudiante es quien decide qué datos necesita para resolverlos. También puede tomar decisiones en el diseño de experiencias, ya que en el ordenador puede encontrar información sobre diferentes técnicas, dónde encontrar el material y reactivos, etc. Y no es preciso decir que se puede encontrar información relacionada con cualquier conocimiento.

Ello comporta que la necesidad de memorizar información disminuye, por lo que forzosamente la enseñanza puede estar más orientada a la comprensión. La facilidad de acceso a nuevas fuentes de información, a datos, a opiniones diversas, a distintos textos sobre un mismo tema..., puede favorecer también la selección por parte del profesorado o de los propios alumnos

y alumnas de las fuentes más idóneas en función de las necesidades y capacidades de cada uno. En cambio, el libro de texto sirve sólo para un tipo de alumnos.

Pero en el aula se tendrán que desarrollar nuevas capacidades relacionadas tanto con habilidades propias de la búsqueda y organización de la información como con la construcción de los modelos teóricos que posibilitan seleccionar la información relevante y darle sentido.

b) Fuente de **recogida de datos** a través de sensores. El trabajo experimental se puede simplificar mucho, lo que facilita que los estudiantes no se pierdan en las técnicas de medida y puedan dedicar más tiempo al análisis de los resultados.

Pero se tendrá que dedicar tiempo al conocimiento de la tecnología y a la discusión sobre qué datos son necesarios recoger y por qué. Todas las investigaciones muestran que en algún momento los estudiantes tienen que haber manipulado los objetos antes de pasar a dejar que sean los sensores los que realicen las mediciones, y se les ha de ayudar también a traducir el mundo de los hechos al mundo de las representaciones que muestra el ordenador.

c) Fuente de **tratamiento de datos**. De la misma forma, el ordenador permite dibujar gráficos y calcular muy rápidamente, con lo cual disminuye el tiempo entre la recogida de datos y su interpretación. Si se han utilizado sensores para recoger los datos, el mismo programa de ordenador los reelabora, pero otras veces se puede haber hecho una lectura manual y utilizar el ordenador para traducirlos a otros lenguajes. También se pueden utilizar hojas de cálculo, programas de modelización, etc.

Pero, en todos los casos, se tendrá que continuar dedicando tiempo al aprendizaje de la lectura y construcción de gráficos y otros sistemas de transformación de los datos para que los estudiantes puedan dar sentido a lo que el ordenador muestra.

d) Fuente de **intercambios de datos y de ideas** entre estudiantes (y también con no estudiantes) a través de medios telemáticos. Por ejemplo, diversas escuelas alejadas en el espacio pueden compartir datos sobre problemas ambientales o de otro tipo y, con ello, ampliar el campo experiencial.

También se pueden debatir temas y dar opiniones. Por ejemplo: los *chats* o charlas a través de Internet posibilitan que más alumnos expresen sus ideas, planteen sus preguntas... El tiempo no se reduce a la hora de clase, sino que se puede hacer desde el domicilio o en otros espacios.

Pero se tendrá que enseñar a formular preguntas relevantes, a seleccionar las más interesantes, a expresar opiniones sintéticamente, a reconocer distintas formas de expresar las mismas ideas, etc.

e) Fuente de **simulación** de experimentos, de posibles soluciones a problemas complejos y de la funcionalidad de determinados modelos teóricos. Posibili-

ta combinar variables, identificar causas y consecuencias lejanas en el espacio y el tiempo, comprobar predicciones...

Los resultados de la simulación pueden ser objeto de discusión colectiva, para promover la interacción entre el alumnado y la construcción conjunta de nuevos puntos de vista. Habitualmente, la simulación se valora como la aplicación más importante de las TIC en el aprendizaje científico.

Pero se tendrá que aprender a plantear hipótesis, a trabajar con variables, a argumentar... La simulación implica trabajar con problemas complejos, por lo que es necesario desarrollar la imaginación y la creatividad.

f) Herramienta de **comunicación de las ideas** construidas. La posibilidad de escribir textos utilizando una variedad de recursos visuales y la facilidad de corregirlos pueden promover una mejor expresión y síntesis de las ideas y, con ello, una mejora en las formas de pensar sobre ellas.

Paralelamente, la posibilidad de realizar videoconferencias puede favorecer la expresión oral de las ideas. También se pueden elaborar informes y realizar trabajos conjuntamente entre centros muy alejados. Éstos se pueden publicar en revistas escolares comunes, colocarlos en la red (Internet), hacerlos llegar a las familias, a vecinos u otras personas, y recibir sus opiniones y sugerencias.

Los intercambios entre escuelas pueden favorecer tanto el contraste de opiniones como la autoexigencia en terminar bien los trabajos, en expresar bien las ideas. No es lo mismo escribir para el profesor o los compañeros que ya "entienden", que para personas menos conocidas.

Habrá que aprender los géneros textuales propios de la ciencia y los nuevos derivados del uso de las TIC y a expresarse oralmente y por escrito utilizando todo tipo de lenguajes.

g) Fuente de actividades para la **evaluación y autoevaluación.** El ordenador indica la calidad de las decisiones en el mismo momento en que se toman, por lo que la *regulación* se puede decidir y aplicar de forma simultánea a la producción del error o al encuentro del obstáculo. Permite también repetir la información y el proceso las veces que el estudiante necesite para aprenderlos y proporcionar ayudas adecuadas a los diferentes tipos de problemas y capacidades del alumnado.

La disponibilidad de programas diferentes posibilita diversificar las actividades y dar respuesta a las distintas necesidades del alumnado detectadas, ya sea en función del tipo de error, ya sea en función del nivel de dificultad.

Pero será importante desarrollar capacidades metacognitivas en el alumnado para promover su autonomía en el proceso de regulación. Si éste sólo se fundamenta en el sistema "acierto y error", los aprendizajes que se conseguirán serán muy mecánicos y poco relevantes.

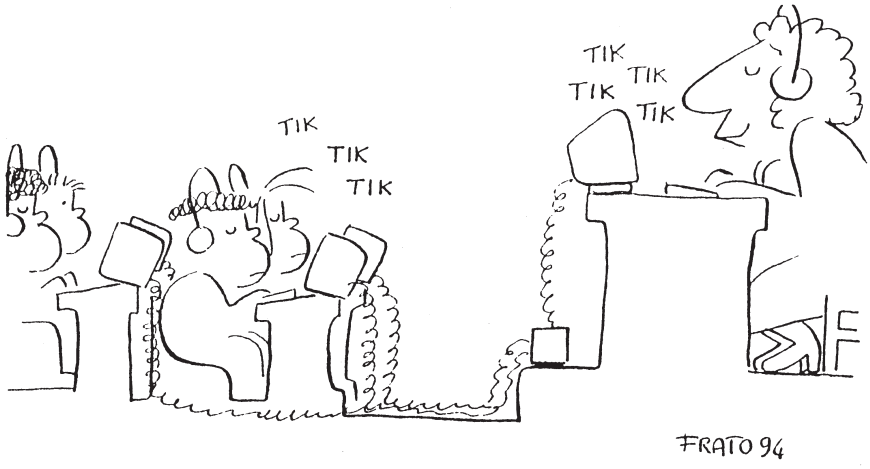


Figura 10.5. Las TIC en una enseñanza tradicional.
Fuente: Cuadernos de Pedagogía, 230 (1994: 7).

Las TIC no son en sí mismas garantía de aprendizajes significativos. Todas ellas admiten usos diversos, se pueden aplicar en metodologías de enseñanza mecanicistas y reproductoras (figura 10.5), pero también pueden integrarse en procesos que promuevan una actividad científica escolar interesante. El profesor presencial, el adulto, continúa siendo la pieza clave de la actividad que se desarrolla en el aula. Pero ya no es tan importante centrar la actividad en la transmisión de información. En lugar de ello, el profesor puede destinar más atención a promover el diálogo y el contraste entre las ideas y los hechos, y a la regulación de las formas de mirar y de pensar.

11
Las actividades de evaluación

El objetivo de cualquier diseño didáctico es conseguir que todos los alumnos y alumnas aprendan de forma significativa. Pero esto no siempre sucede, puesto que, con un mismo proceso de enseñanza, los estudiantes no progresan de la misma manera ni al mismo ritmo.

Mediante las actividades promovidas en el aula cada estudiante construye su propio conocimiento, pero en esta elaboración desempeñan un papel muy importante sus ideas previas, su forma de percibir los hechos, sus maneras de razonar, sus intereses personales y las interacciones que establece con el medio cultural que le rodea. Estos puntos de anclaje son distintos para cada alumno, como también lo son el ritmo y estilo de aprendizaje. Por todo ello, en la elaboración del nuevo conocimiento cada uno de ellos deberá superar obstáculos cuyas causas y consecuencias serán distintas en cada caso.

En consecuencia, si se quiere atender a la diversidad que hay en un aula, se debe adecuar el proceso didáctico a los progresos y procesos de aprendizaje observados en los estudiantes. Cualquier metodología de enseñanza debe ajustar la ayuda pedagógica a la actividad del que aprende.

Ello comporta que enseñar y aprender es necesariamente un proceso de *regulación continua de los aprendizajes*. *Regulación,* en el sentido de adecuación de los procedimientos utilizados por el profesorado a las necesidades y dificultades que el alumnado encuentra en su proceso de aprendizaje (y que se detectan al evaluar). *Continua,* porque la regulación no es un momento específico de la acción pedagógica, sino que debe ser uno de sus componentes permanentes. Pero, es más, cada estudiante debe aprender a *autoevaluarse* y *autorregularse* con el objetivo de que, poco a poco, construya un sistema propio y autónomo para aprender, y lo mejore progresivamente.

Habitualmente, se tiene una visión restringida de la función de la evaluación en el proceso de enseñanza/aprendizaje y se acostumbra a identificarla con un examen, con un acto administrativo poco estimulante para alumnos y para profesores. Pero sin evaluar-regular no hay aprendizaje, por lo que es necesario plantear con profundidad una evaluación que sea útil tanto al profesorado en su actuación docente como al alumnado en su aprendizaje. He aquí algunas ideas establecidas sobre la evaluación, los interrogantes que se la pueden contraponer, y la sugerencia de una nueva manera de abordarla:

- *Se identifica la evaluación con el examen al final del proceso de aprendizaje e, incluso, evaluación continua con exámenes continuos. Es más, se confunde la función evaluativa con la aplicación de instrumentos para reconocer aprendizajes finales*. Pero, ¿por qué no pensar en actividades de evaluación integradas totalmente en el proceso de aprendizaje?
- *Se cree que el único objetivo de la evaluación es poner una nota a cada estudiante que resuma sus conocimientos al final de un proceso de aprendizaje*. Pero, ¿por qué no pensar que evaluar consiste en conocer la estrategia utilizada por la alumna o el alumno en la resolución de una determinada tarea y llegar a comprender las causas de sus dificultades, con el fin de ayudarles a superarlas?
- *Se opina que es fácil evaluar los conocimientos científicos de un estudiante y que lo que un estudiante responde en los ejercicios y exámenes refleja claramente lo que sabe*. Sin embargo, se puede constatar fácilmente que las respuestas de los alumnos y alumnas reflejan más lo que creen que han de responder para aprobar, que lo que realmente piensan. Consecuentemente, ¿por qué no pensar en preguntas de evaluación en las que los estudiantes deban expresar creativamente sus propias ideas, y no sólo reproducir frases extraídas de los libros o de los apuntes, o aplicar fórmulas-tipo en la resolución de problemas?
- *Se piensa que el error es algo que no debiera producirse, y cuando algún alumno o alumna incurre en él se valora negativamente*. Pero aprender significa precisamente superar errores, por lo que, si no se explicitan, será imposible reconocer qué y cómo mejorar. Por ello, ¿por qué no considerar que los errores no solamente son normales en todo proceso de aprendizaje, sino que además, para aprender, es necesario manifestarlos?
- *Se opina que los conocimientos científicos se deben y pueden evaluar de forma objetiva*. No obstante, las calificaciones dadas a un mismo examen por profesores distintos pueden variar en muchos puntos, debido tanto a la aplicación de criterios distintos de evaluación como al hecho de no ser igualmente exigente con todos los estudiantes. Por ello, ¿por qué no aceptar como una buena práctica la adaptación de la calificación a las características de cada estudiante, sin olvidar la distinción entre, por un lado, la evaluación del progreso de cada alumno y, por el otro, la de su capacidad para cursar sin dificultades estudios de otros niveles?
- *Se cree que la corrección de un examen o ejercicio es más* objetiva *si está planteado con preguntas cerradas que con preguntas abiertas*. Sin embargo, en el primer

caso se juega con la subjetividad del estudiante cuando éste escoge una determinada respuesta intentando interpretar el sentido con el que ha sido redactada por el enseñante. En el segundo caso, se juega con la subjetividad del profesorado, que debe interpretar lo que el alumno ha querido decir. Por tanto, ¿por qué no pensar que el profesorado, al tener más conocimientos, puede ser más *objetivo* que el alumnado y que, consecuentemente, las preguntas abiertas suelen aportar más información sobre lo que el alumno realmente sabe que la que proporcionan las preguntas cerradas?

- *Se considera que los exámenes muestran y demuestran qué estudiantes fracasan y qué estudiantes tienen éxito*. En cambio, ¿por qué no pensar que los propios procedimientos de evaluación pueden ser los responsables de buena parte del fracaso escolar?
- *Se cree que sólo el enseñante es capaz de identificar los errores y aciertos del alumno en su aprendizaje*. Seguramente, por esta razón, es frecuente que los criterios de evaluación contituyan el secreto mejor guardado por los enseñantes. Pero, ¿por qué no dejar que sea el propio alumno o alumna quien reconozca sus aciertos y sus dificultades?, ¿por qué no animar a sus compañeros a ayudarles en este proceso evaluativo?, o simplemente, ¿por qué no dar a conocer a los alumnos los criterios de evaluación?
- *Por último, otra de las creencias más arraigadas entre los enseñantes de Ciencias es que, si aprueban muchos alumnos, entonces las preguntas han sido demasiado fáciles. Se considera incluso que el profesor que aprueba mucho es un mal enseñante y habitualmente se confunde la evaluación cuya función es identificar si se ha aprendido algo con aquella que solamente pretende seleccionar a los más calificados*. Pero, ¿por qué no pensar y desear que todos los estudiantes (o la mayoría de ellos) pueden llegar a realizar aprendizajes significativos?

Cambiar las actividades de evaluación implica cambios en las concepciones y en la práctica del profesorado. En este capítulo se analizarán los siguientes aspectos:

- ¿Qué se entiende por evaluación y por qué evaluar?
- ¿Quién debería evaluar?
- ¿Cuándo, qué y cómo evaluar los aprendizajes y qué hacer con los resultados de la evaluación?

11.1. ¿Qué se entiende por evaluación y cuáles son sus finalidades?

Actualmente, el término "evaluación" tiene un campo semántico tan amplio que es necesario precisar el significado con el que se utiliza. En general, se considera que toda actividad de evaluación es un proceso en tres etapas que conlleva:

a) *Recogida de información.* Ésta puede llevarse a cabo mediante instrumentos o no. Por ejemplo, se recogen datos observando a los alumnos dentro de la clase, o bien a través de un examen.
b) *Análisis de esta información y juicio sobre su resultado.* Por ejemplo, según como estén o se comporten los alumnos se puede valorar que la planificación de la actividad prevista es idónea, o que no lo es. En el caso del examen, se analizan las respuestas y se les asigna un valor numérico o de otro tipo.
c) *Toma de decisiones de acuerdo con el juicio emitido*. Se puede cambiar radical o parcialmente la planificación prevista y, una vez analizado un examen, se puede decidir que el alumno tendrá que repetirlo, o que está capacitado para pasar curso.

Así pues, esta toma de decisiones puede tener dos funciones bien diferenciadas, a saber:

- Una de carácter social, de selección y clasificación, y también de orientación y promoción del alumnado.
- Otra de carácter pedagógico, de regulación del proceso de enseñanza/aprendizaje, es decir, de reconocimiento de los cambios que se deben ir introduciendo en este proceso para que cada estudiante aprenda de forma significativa.

El examen y la nota generalmente están vinculados sólo a la función selectiva y clasificadora, por lo que a este tipo de evaluación de los aprendizajes se le llama también **calificación**.

Pero para la enseñanza es mucho más importante la evaluación entendida como regulación. Si esta actividad está bien orientada, la evaluación-calificación necesariamente dará resultados mucho mejores.

Como hemos visto, aprender Ciencias no es tanto llegar a reproducir miméticamente un conocimiento elaborado por otros como saber superar los obstáculos que se encuentran cuando se están construyendo modelos explicativos de los fenómenos observados. Sin evaluar las causas de las dificultades será difícil tanto que el profesorado pueda ayudar al alumnado a superarlas como que los mismos estudiantes puedan autorregularlas (véase el cuadro 11.1).

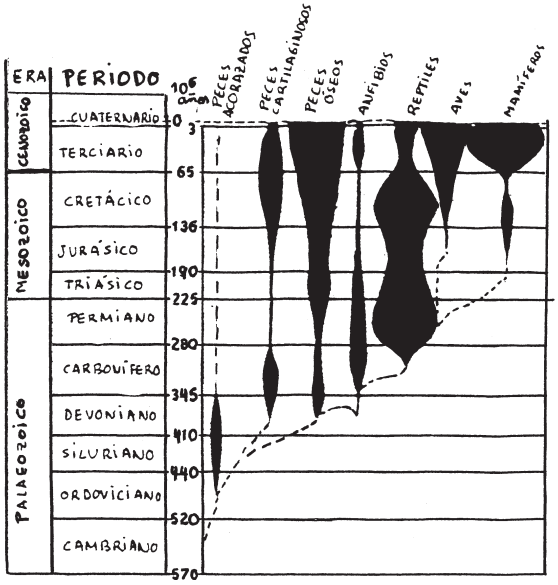
Aprender implica, pues, identificar obstáculos y regularlos, es decir, evaluar. Por ello la evaluación tiene la función de *motor del aprendizaje* ya que, sin evaluar-regular la coherencia entre los hechos y las representaciones y la propia expresión de las ideas, no habrá progreso en el aprendizaje de los alumnos, ni acción efectiva del profesorado.

Por ello, se puede afirmar que enseñar, aprender y evaluar son en realidad tres procesos inseparables.

Cuadro 11.1. *Evaluar es algo más que calificar.*

¿Cómo interpretan los gráficos los estudiantes?

Esta pregunta fue propuesta a alumnos de 3.º de ESO:



¿Cuántos años hace que aparecieron los primeros mamíferos?

Las respuestas fueron muy variadas. Por ejemplo:

(1) 190.001.992, (2) 11.400, (3) 250, (4) 12.452, (5) 4.492, (6) 190, (7) 4.493, (8) 190.106, (9) 2.332, (10) 190.000.000 (todas en años).

Habitualmente, la evaluación de un ejercicio como el anterior se reduce a diferenciar entre las buenas respuestas y las incorrectas, pero ello no da información sobre cuáles son las posibles causas de los errores y, por tanto, no facilita la identificación de medios que puedan ayudar a los alumnos a que las reconozcan y regulen.

En este caso, se analizaron las estrategias utilizadas.

- *Así, por ejemplo, se observó que, para responder a la cuestión planteada, muchos estudiantes aplicaron la misma estrategia que usaban para calcular los años transcurridos desde un acontecimiento histórico acaecido antes de Jesucristo, por lo que sumaron al $190 \cdot 10^6$, el número correspondiente al año en que se les planteó la pregunta (1992).*
- *Otros, no supieron operar con números exponenciales y lo hicieron como si fueran naturales.*
- *Otros no identificaron qué operación tenían que realizar y sumaron el 190 y el 10^6 en vez de multiplicarlos.*
- *Otros combinaron los tres tipos de errores anteriores y aun, otros, al hacer lo mismo, se equivocaron en la suma correspondiente.*

(.../...)

La reflexión sobre este caso conduce a tomar conciencia de que muchas veces los alumnos aplican tipos de razonamientos que responden a "lógicas" muy distintas de las del profesorado y de la tarea. Sin su comprensión será difícil ayudarles a superar sus "errores" y, al mismo tiempo, sólo si el mismo estudiante comprende por qué su resultado no es bueno, podrá corregirlo y aprender.

Fuente: M. Pilar García, 1992.

11.2. ¿Quién evalúa a lo largo del proceso de aprendizaje?

Desde una perspectiva tradicional de la evaluación, la responsabilidad de la regulación es esencialmente del enseñante, que es quien reconoce las dificultades y errores del alumnado y decide cuáles son las estrategias más adecuadas para superarlas. Ello comporta que su implementación en el proceso de enseñanza/aprendizaje tenga un alto coste en tiempo y esfuerzo para el profesorado a causa de su constante intervención en el proceso de recogida y análisis de información y de regulación. Es imposible dar respuesta al problema a través de metodologías de enseñanza centradas en el profesor, ya que no puede atender él solo a la gran cantidad de dificultades de los alumnos e, incluso, muchas veces, puede llegar a no detectarlas.

Pero éste no es el único problema. Este tipo de evaluación-regulación conlleva también que el estudiante dependa esencialmente del profesor para poder progresar, con lo cual tiene pocas oportunidades de aprender a reconocer por sí mismo sus dificultades y a decidir cuáles son las mejores estrategias para superarlas. Dicho de otra forma, no aprende a ser autónomo. La falta de autonomía conduce a que los estudiantes no sepan cómo afrontar la resolución de sus tareas cuando están solos o a que, cuando se trabaja en grupo, sólo aspiren a copiar lo que otros u otras hacen.

Por ello es necesario enseñar al alumnado a autoevaluarse y autorregularse, es decir, a detectar sus dificultades o incoherencias, comprender por qué las tiene, y tomar decisiones para superarlas. Un profesor que quiera ayudar a sus estudiantes en este proceso de aprendizaje deberá facilitar la aplicación de estrategias autorregulativas. En otras palabras, la evaluación del profesorado debería facilitar fundamentalmente la autoevaluación de los alumnos y alumnas.

Pero no es sólo el profesor quien puede promover que cada alumno aprenda a autoevaluarse. En un grupo-clase, el conjunto de personas que lo forman interaccionan entre ellas en cada una de las tareas que se realizan en el aula, y esta interacción, si es positiva, favorece mucho el aprendizaje. A través de ella tiene lugar la *evaluación-regulación mutua* entre los alumnos, pues, al confrontar sus ideas con las de los demás compañeros y con las del profesor, reconocen mejor sus errores y cómo mejorar sus producciones. No es sólo el enseñante quien ha de detectar y regular dificultades, sino que es función de todo el grupo-clase y es éste quien debe asumir la responsabilidad de coevaluar y de autoevaluarse.

En consecuencia, la evaluación-regulación continua de los aprendizajes se sustenta en tres pilares (figura 11.1):

- La evaluación considerada como autorregulación que lleva a cabo cada estudiante de su propio proceso de aprendizaje.
- La coevaluación o regulación mutua que tiene lugar a partir de las interacciones entre los propios alumnos.
- La evaluación que lleva a cabo el profesorado y que deberá orientarse fundamentalmente a la detección y regulación de aquellos aspectos que los estudiantes no son capaces de regular autónomamente.

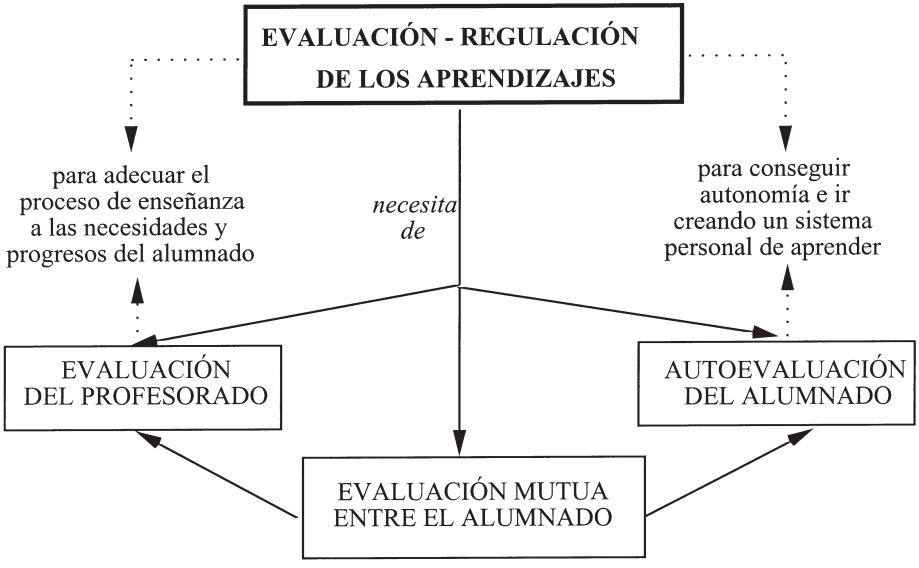


Figura 11.1. Esquema de la evaluación-regulación continua.

El cuadro 11.2 reproduce una actividad de evaluación en la que se comprueba la interrelación entre estos tres tipos de evaluación. Para que actividades de este tipo se puedan llevar a cabo con éxito se han tenido que promover en el aula actitudes de tipo cooperativo. Dicho de otra forma, los estudiantes deben valorar que pueden ayudarse mutuamente, que todos ellos pueden aportar alguna idea de interés, que tener errores no es un problema si se puede llegar a saber cómo superarlos, etc., y todo ello con el fin de que cada uno de los miembros del grupo aprendan más y mejor.

Cuadro 11.2. *Interrelaciones entre la autoevaluación, coevaluación y evaluación del profesorado.*

REGULACIÓN Nombre: Alberto — Ayuda nombre: susana

Pregunta	En la fotosíntesis a partir de dióxido de carbono y agua se obtiene $C_6H_{12}O_6$ y oxígeno ¿Qué criterios permiten decidir que se trata de un cambio químico?	Escribe la ecuación química correspondiente	Cuando un árbol crece, ¿el aumento de masa se debe más al dióxido de carbono absorbido o al agua?
Mi respuesta inicial ha sido	Es un cambio químico porque la glucosa es una sustancia distinta	$6CO_2+6H_2O \rightarrow 6CH_{12}O_6+O_2$	Al agua
¿Qué he hecho mal?	bien	$6CO_2+6H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6+6O_2$ No he puesto el 6 antes del oxígeno	No es el agua, es el CO_2
¿Por qué lo he hecho mal?		Ha sido un despiste No me he dado cuenta que sobraban oxígenos	Yo creía que el CO_2 al ser gas no pesaba tanto. No me había dado cuenta que al hacer la glucosa se necesitan 6 x 44 g de CO_2 y solo 6 x 18 g de H_2O
¿Está bien justificado?	Bien, aunque hubieses podido decir también que se sabe que es una sustancia distinta por las propiedades.	Está bien, pero tienes que ir con cuidado en no despistarte. También con la ortografía "sabraban" se escribe con dos b	Bien
¿Qué le recomendarías a tu compañero/a para mejorar?	Que intentes siempre pensar en todas las ideas posibles, no sólo en una.	Que hagas servir la base de orientación y así no te despistarás.	Que no te dejes llevar por la primera idea y en cambio lo compruebes todo

Si los estudiantes han asumido las reglas de juego del trabajo cooperativo, este tipo de evaluación formativa es muy productiva en cuanto al éxito del aprendizaje. Por un lado, favorece la toma de conciencia del porqué de los errores y de las vías para corregirlos. Si eso se consigue, con muchos menos ejercicios de los habituales se aprende a superar los errores, con lo que el tiempo que aparentemente se pierde llevándola a cabo se gana por otro lado, al poder reducir el número de ejercicios orien-

tados a la interiorización, mecanización y memorización, que además suelen ser muy poco motivadores para la mayoría del alumnado. Si el alumno o alumna "corrector" no sabe valorar adecuadamente la producción del compañero tampoco es ningún problema, ya que el estudiante evaluado puede manifestar su desacuerdo. Con ello refuerza sus ideas y procedimientos y, con su crítica, favorece aún más la autoevaluación del evaluador.

Este ejemplo nos muestra que la evaluación, si está orientada hacia el aprendizaje de todos los estudiantes, debe centrarse mucho más en conseguir que aprendan a autoevaluarse. Al mismo tiempo, se puede comprobar que la evaluación mutua entre compañeros favorece este aprendizaje, y que el papel del profesorado es clave para ayudar a los alumnos a ser capaces de comprender las causas de sus errores.

11.3. ¿Cuándo, qué y cómo evaluar los aprendizajes y qué hacer con los resultados de la evaluación?

Como hemos visto, la evaluación no se puede situar solamente al final del proceso de enseñanza/aprendizaje. En este momento, la función reguladora de la evaluación queda reducida al mínimo. Al inicio del proceso de enseñanza, un estudiante puede encontrarse con una dificultad que le impida empezar a plantearse el problema. Si no se evalúa-regula esta dificultad, es muy posible que el alumno o alumna vaya acumulando errores cada vez mayores que se transformen en obstáculos insuperables.

Consecuentemente, es normal que nos encontremos con estudiantes que no hayan aprendido lo que se espera, y que un buen número de ellos se desanimen cuando reconocen los muchos aspectos en los que deben mejorar. Por ello, es importante integrar la evaluación en el proceso de enseñanza, con la finalidad de detectar las dificultades del alumnado en el momento en que aparecen.

Tradicionalmente, se distinguen tres tipos de evaluación en función del momento en que se realizan y del objetivo que persiguen (figura 11.2).

Las distintas modalidades de evaluación se distinguen básicamente por los objetivos que persiguen, más que por los instrumentos que utilizan. Un mismo tipo de instrumento puede ser útil en diferentes momentos del aprendizaje, aunque las decisiones que se tomen en función de los datos recogidos podrán ser distintas.

A) La evaluación al inicio de un proceso de enseñanza

Como hemos visto, *enseñar implica diagnosticar.* La evaluación diagnóstica inicial tiene como objetivo fundamental analizar la situación de cada estudiante antes

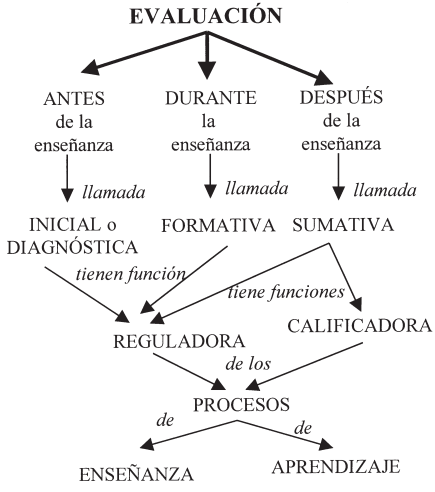


Figura 11.2. Tipos de evaluación.

de iniciar un determinado proceso de enseñanza/aprendizaje, para poder tomar conciencia (profesorado y alumnado) de los puntos de partida, y así poder adaptar dicho proceso a las necesidades detectadas. Las actividades de exploración (véase el apartado 8.4.a) tendrán, generalmente, el componente de evaluación inicial. Lo habitual es que coincidan o que se complementen.

Los aspectos a diagnosticar en una evaluación inicial pueden ser muy variados:

- Los **prerrequisitos** de aprendizaje se corresponden con los conocimientos que se presupone que los estudiantes ya tienen. Conocer muchos algoritmos, haber adquirido hábitos de trabajo y tener informaciones sobre hechos son puntos de partida para la construcción de otros conocimientos.

  Sin embargo, el hecho de que un estudiante no resuelva bien una determinada tarea en un ejercicio de diagnosis no implica forzosamente que no lo sepa hacer o que no conozca los contenidos en los cuales se basa. Muy a menudo, aprendizajes realizados con anterioridad no se recuerdan fácilmente, aunque sólo se precise una pequeña ayuda para reconocerlos. Por ello, en la diagnosis es necesario facilitar al alumnado el acceso a su memoria para poder distinguir entre los prerrequisitos no conocidos y los que no se recuerdan. En cada caso, la regulación que hay que programar será distinta (cuadro 11.3).

Cuadro 11.3. *Diagnosis de conocimientos previos.*

Después de muchos experimentos, los científicos creen que todas las cosas están formadas por partículas. También sabemos que el hielo, cuando se funde, se transforma en agua líquida y que, si seguimos calentándolo, puede pasar al estado gaseoso y transformarse en vapor. Dibujar tres modelos que muestren cómo crees que están las partículas en cada uno de estos tres estados del agua.

Sólido	Líquido	Gaseoso

- Las **concepciones alternativas.** Este tipo de ideas no deben confundirse con los prerrequisitos de aprendizaje, aunque ambos tipos de conocimientos pueden estar relacionados.

  Para su diagnosis son idóneas las preguntas abiertas que faciliten la verbalización de las formas de interpretar un problema o un fenómeno por parte de cada estudiante. Han de ser situaciones que se presten a ser analizadas desde diferentes puntos de vista y que animen a escribir o a dibujar ampliamente acerca de ellas (cuadro 11.4).

Cuadro 11.4. *Pregunta abierta para la diagnosis de concepciones alternativas.*

Rosa está en una habitación oscura y no puede ver nada. Cuando su madre enciende la luz, ve un libro encima de la mesa. ¿Cómo es que ella puede ver el libro ahora? Explicar con detalle qué pasa entre sus ojos, la lámpara y el libro. Podéis hacer un esquema y todo aquello que os ayude en vuestra explicación.

Fuente: Radamas, J. y Driver, R. (1989). *Aspects of secondary students' ideas about light.* Leeds: CLP, Univ. of Leeds.

Pero también pueden utilizarse cuestionarios con opciones cerradas en la respuesta, elaborados a partir de ideas manifestadas por estudiantes al responder a cuestionarios abiertos.

- **Estrategias de razonamiento,** aplicadas al realizar las tareas escolares que se proponen, o al responder a preguntas. Por ejemplo, a muchos alumnos les cuesta un gran esfuerzo imaginar una relación en la que una variable pueda aumentar mientras otra con la que se relaciona disminuye. Por ello, cuando se les pregunta a qué hora la sombra producida por el Sol es *más* larga, responden que al mediodía, porque la intensidad de la luz solar es *mayor* o porque el Sol está *más* alto.
- **El campo semántico** del vocabulario a utilizar. Es muy útil pedir a los alumnos que construyan frases con una determinada palabra (cuadro 6.10) o promover un juego en el que, al oír pronunciar una palabra, digan rápidamente otras que se les ocurran.
- La **actitud** con que afronta el estudio de un tema, su estilo motivacional (véase el cuadro 6.11), su disposición hacia algún tipo de actividad (cuadro 11.5) y los **hábitos** adquiridos.

Cuadro 11.5. *Cuestionario KPSI de actitudes hacia el trabajo en el laboratorio.*

¿Cuál es mi ACTITUD en el laboratorio?

Indicad en el lugar correspondiente:

a) Si practicáis habitualmente la actitud: 1 = no ; 2 = sí.
b) Nivel a que podéis y/o estáis dispuestos a llegar en cuanto a la actitud:

1 = No quiero participar en nada.
2 = Quizás quiera hacer alguna cosa.
3 = Estoy dispuesto a participar en algunas actividades para mejorar.
4 = Estoy dispuesto a participar activamente para aprender.
5 = Puedo convencer a un amigo o amiga de que le conviene mejorar su actitud.

Actitud	*a) Actitud actual*	*b) Disposición*
Interés por conocer el porqué de las cosas que suceden y de las observaciones.		
Escuchar y dejar hablar a los demás, esforzándome en comprender otros puntos de vista.		
Aprovechar el tiempo y trabajar en serio.		
Aceptar la responsabilidad de una tarea concreta (gas, material de laboratorio…).		

(.../...)

Interés en saber manejar instrumentos, aparatos, etc., de manera correcta, haciendo un buen uso de ellos.
En el trabajo de grupo: disposición a ayudar, a participar con todo el equipo...
En el trabajo individual: disposición a hacerlo regularmente, dentro del término previsto, sin copiar...

Fuente: Josefa Albertí, 1993.

En resumen, todos los aspectos que conforman las llamadas **estructuras de acogida** (figura 11.3):

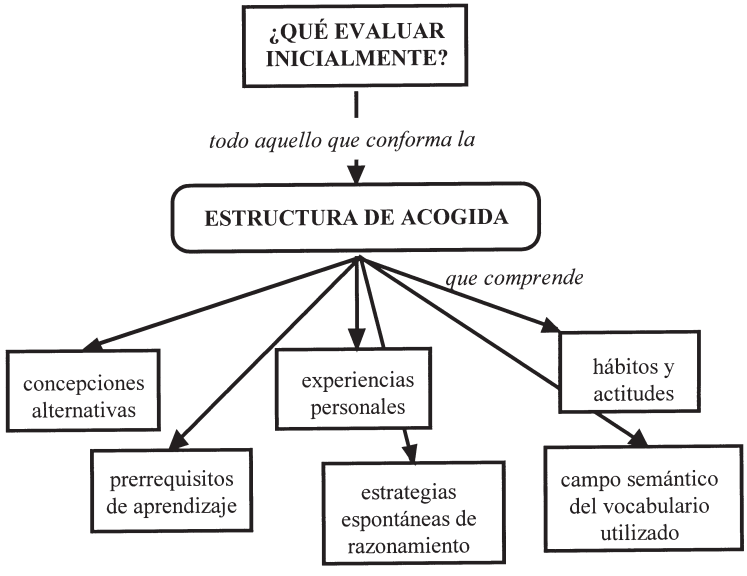


Figura 11.3. Aspectos de las estructuras de acogida.

La recogida de datos con el objetivo de diagnosticar la situación de partida del alumnado exige encontrar un buen equilibrio entre la intuición y la instrumentación. No se puede evaluar todo sistemáticamente y, en general, la experiencia es una

buena fuente de información acerca de algunas de las dificultades que los estudiantes tienen en relación con la asimilación de unos determinados contenidos.

Aun así, es importante realizar periódicamente evaluaciones iniciales más sistemáticas, porque la sola intuición puede que no tenga en cuenta la diversidad de situaciones, ni valore aspectos o estrategias que para el alumnado pueden ser significativas. Por ejemplo, el profesorado diagnostica a menudo el punto de partida del alumnado a través de un coloquio o debate con el grupo-clase. Este tipo de actividad conlleva, muchas veces, que sólo unos pocos estudiantes se manifiesten y que, en consecuencia, las ideas explicitadas por éstos se consideren representativas de las de todo el grupo.

Disponer de datos escritos posibilita, además, que a lo largo del proceso de aprendizaje los estudiantes comparen sus nuevos conocimientos con los iniciales y reconozcan las diferencias. Pero también es cierto que el tiempo necesario para su análisis puede ser muy costoso para el profesorado.

En este sentido, hay instrumentos que son más fáciles de gestionar. Unos de los más interesantes son los llamados *informes personales* o *KPSI* (Knowledge and Prior Study Inventory). A través de ellos se obtiene información acerca del grado de conocimiento que el alumnado *cree* tener sobre unos determinados contenidos y no tanto del que realmente tiene. Este tipo de información es importante, ya que el alumnado no se esforzará en aprender si piensa que ya conoce el tema objeto de estudio.

Los estudiantes creen muy a menudo que su nivel de conocimientos es mucho mayor que el real. Cuando se les pide explicaciones científicas acerca de los fenómenos o que planteen hipótesis, no suelen dudar de sus planteamientos y no se interesan por contrastarlos. Es importante, por ello, que el enseñante evalúe su percepción del grado de sus conocimientos y que los mismos alumnos aprendan a regular su autoevaluación inicial de forma que cada vez sepan adecuar mejor la valoración a sus conocimientos reales.

Este tipo de cuestionario puede referirse a conceptos (cuadro 11.6), procedimientos e incluso actitudes (cuadro 11.5). La puesta en común de los resultados se puede hacer en la misma clase, pidiendo a los estudiantes que levanten la mano según el nivel en que se han situado en cada ítem. Una vez conocidos los resultados, se puede invitar a algunos estudiantes a explicar sus representaciones en relación con los conceptos, procedimientos o actitudes propuestos. Se ponen de manifiesto, en este momento, los diferentes puntos de vista sobre qué implica el conocimiento de un tema, ya que algunas explicaciones de alumnos que se han situado en un nivel muy alto pueden coincidir con las de otros que se han colocado en otro mucho más bajo. Estas situaciones favorecen que se den cuenta de que su idea inicial no era tan elaborada como pensaban, sin necesidad de que el profesor haga evidentes las diferencias y vayan aprendiendo a autoevaluarse.

Cuadro 11.6. *Cuestionario KPSI de conceptos.*

Informe personal: ¿Qué sé sobre los métodos de separación de mezclas?

En el siguiente cuadro se presentan algunos conceptos clave para el tema al que se dedicarán las próximas clases. Anotar en la casilla correspondiente las respuestas a las siguientes cuestiones:

a) Habéis estudidado el concepto antes: 1 = no; 2 = sí.
b) Qué grado de conocimiento tenéis sobre cada concepto: 1 (no lo conozco), 2 (lo conozco un poco), 3 (lo conozco bastante bien), 4 (lo puedo explicar a un compañero o compañera).
c) Qué grado de conocimiento tenéis sobre el procedimiento: 1 (no lo sé hacer), 2 (lo sé hacer un poco), 3 (lo sé hacer bastante bien), 4 (puedo explicar a un compañero o compañera cómo se hace).
d) Una vez comentadas en clase las distintas opiniones podéis revisar las primeras apreciaciones y volver a evaluaros.

Conceptos/ procedimientos	*a) Estudio previo*	*b) Conceptos*	*c) Procedimientos*	*d) Revisión*
Filtración	.....	.....		.....
Decantación	.....	.....		.....
Cromatografía	.....	.....		.....
Destilación	.....	.....		.....
¿Cómo filtrar?	.....		.....	.....
¿Cómo decantar?	.....		.....	.....
¿Cómo hacer una cromatografía?	.....		.....	.....
¿Cómo destilar?	.....		.....	.....

El análisis de las cuestiones abiertas necesita mucho más tiempo, pero también proporciona mucha más información sobre la "lógica" de cada estudiante y sobre sus estrategias de razonamiento.

Para realizar este análisis es útil el uso de *redes sistémicas*. Éstas se basan en un análisis de los textos que pretende recoger el significado de conjuntos de palabras (o dibujos, o expresiones matemáticas) y codificarlos. En una red sistémica se pueden recoger las diferentes ideas expuestas por el alumnado, los procedimientos utilizados en la realización de las tareas, las actitudes y sentimientos manifestados, sin que ello implique necesariamente valorar su calidad. Por ello, los ítems no se codifican en función de respuestas correctas o respuestas incorrectas, sino en función del tipo de razonamiento explicitado (figura 11.4).

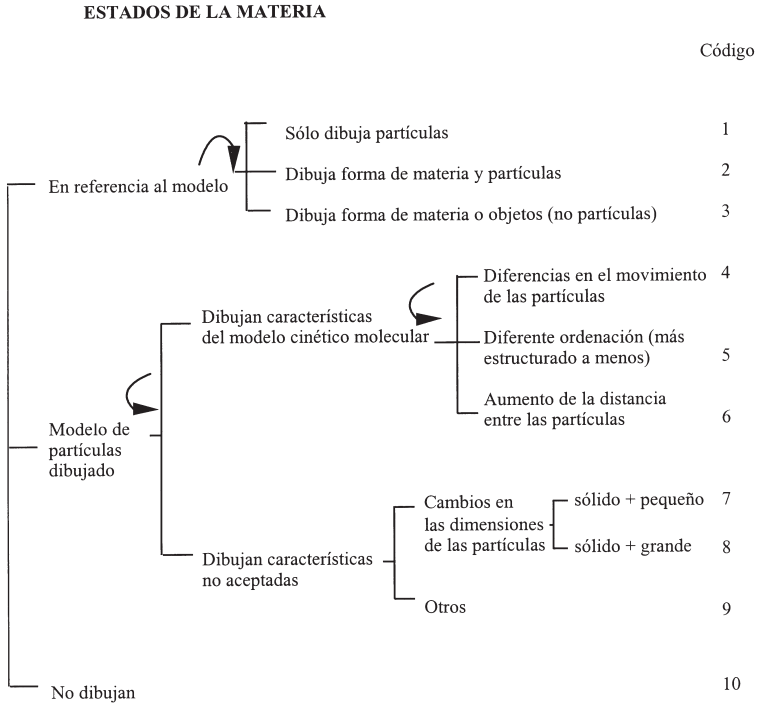


Figura 11.4. Red sistémica.

Para organizar la información recogida se pueden confeccionar tablas de resultados (figura 11.5). A partir de ellas, se puede analizar diagnósticamente tanto el punto de partida del grupo-clase en relación a un aspecto determinado, como el de cada estudiante.

	Códigos									
Alumnos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2										
3										
4										
5										
....										
Totales										

Figura 11.5. Tabla de resultados.

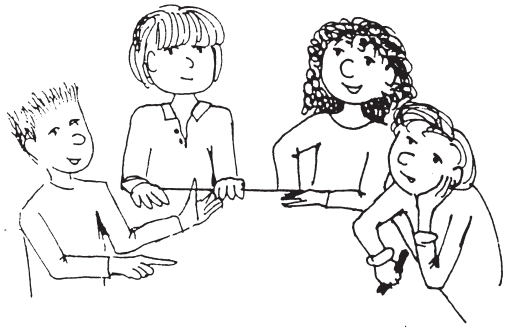
Es difícil confeccionar una buena red sistémica pero, en cambio, una vez construida su uso es relativamente fácil. Las redes sistémicas son útiles para la diagnosis en el aula, si no son muy extensas y si sólo recogen los aspectos más significativos. Los alumnos también las pueden utilizar para autoevaluarse a lo largo del aprendizaje.

Los cuestionarios con opciones cerradas (cuadro 11.7) son difíciles de confeccionar, ya que en su elaboración se deben conocer las "lógicas" posibles del alumnado, pero con ellos el análisis de las respuestas es más fácil, porque simplifica el cálculo del porcentaje de estudiantes partidarios de cada una de las opciones.

Cuadro 11.7. *Cuestionario con opciones cerradas.*

¿Por qué hay verano e invierno?

Día y noche, verano e invierno, Luna nueva y Luna llena, eclipse de Sol y eclipse de Luna... Todos ellos son fenómenos que observamos cuando miramos el cielo. Sin embargo, nos hemos preguntado alguna vez por qué suceden.



Marta, Juan, Blanca y Carlos discutían un día entre ellos sobre por qué hay verano e invierno.

Marta decía: "La Tierra da una vuelta al año alrededor del Sol y cuando está más cerca del Sol es en verano. Es por eso por lo que en verano hace más calor que en invierno".

Juan le respondía: "Yo he oído decir que esto no es verdad. Yo creo que el invierno es debido a que la noche, en esta época, es más larga que el día. Por este motivo, hace más frío y es invierno".

Blanca, en cambio, decía: "Los dos estáis equivocados. Hay veranos e inviernos porque, como el eje de giro de la Tierra está inclinado respecto al plano de su órbita, en verano llegan a la Tierra más rayos solares que en invierno".

Carlos le responde: "El motivo es mucho más sencillo. En verano los rayos del Sol son mucho más intensos que en invierno. Por esta razón, hace más calor".

a) ¿Con cuál o cuáles de estas explicaciones estás de acuerdo y con cuáles no? Explica por qué.

b) ¿Estás muy seguro o segura de tus opiniones? Explica cuáles son las dudas que tienes.

Los resultados pueden servir de base para una actividad de debate en la que se comuniquen los resultados a los alumnos y se invite a alguno de ellos a argumentar el porqué de sus hipótesis, de sus razonamientos, de los procedimientos utilizados, de sus estilos de trabajo, etc. Mediante esta actividad se les anima a exponer procedimientos para verificar si sus puntos de vista son cercanos a los de la ciencia actual.

No es conveniente, en este momento del aprendizaje, que el profesorado valore una respuesta como mejor que las otras, ni forzar a los estudiantes para que defiendan su posición. Más bien es interesante que todas las opiniones sean acogidas positivamente, que todas ellas se pongan en duda y se replanteen como hipótesis, dejando en suspenso cuál podría ser el mejor planteamiento.

Una evaluación diagnóstica no tiene sentido si no se regulan, en función de ella, las actividades de enseñanza/aprendizaje que se han previsto. Pero llevar a cabo esta adecuación no es fácil. En general, cuando se inicia la enseñanza de un tema, la programación está ya diseñada y, además, acostumbra a plantear actividades iguales para todos los estudiantes, a pesar de que la diagnosis revela que éstos son diversos. Cambiar lo que se ha planificado desde la lógica del profesorado para adecuarlo a las diversas lógicas de los estudiantes es uno de los retos más difíciles que plantea la profesión de enseñante.

Entre las actuaciones que se pueden deducir del análisis de los resultados de una evaluación inicial se pueden destacar las siguientes:

- La modificación de la programación inicial, ya sea ampliando contenidos o actividades, ya sea reduciéndolos o readaptándolos.
- La organización de actividades que faciliten que el alumnado tome conciencia de sus puntos de partida, de sus ideas y procedimientos, y de la diversidad de puntos de vista.
- La atención a los alumnos y alumnas con dificultades específicas, por ejemplo, convocándolos a una hora de consulta fuera del aula, o promoviendo que algunos compañeros o compañeras los ayuden, o haciendo un seguimiento más específico de su trabajo en el aula.
- La distribución del alumnado en grupos, ya sea heterogéneos u homogéneos, según las actividades.

B) La evaluación a lo largo del proceso de enseñanza

La evaluación más importante para los resultados del aprendizaje es la que se lleva a cabo a lo largo del proceso de aprendizaje. La calidad de un proceso de enseñanza depende en buena parte de si se consigue ayudar a los alumnos a superar obstáculos en espacios de tiempo cercanos al momento en que se detectan. Pero, además,

tal como se ha indicado, lo importante para aprender es que el propio alumno sea capaz de autorregularse.

Generalmente, se habla de *evaluación formativa,* cuando la responsabilidad de la regulación es del profesorado, y de *evaluación formadora,* cuando esta responsabilidad recae en el propio alumnado, aunque de hecho las dos evaluaciones se dan interrelacionadas, ya que en el aula unos y otros interactúan constantemente.

En el capítulo 7 se analizaron las características que favorecen los procesos de autorregulación. Consecuentemente, la evaluación a lo largo del aprendizaje debe orientarse a evaluar-regular si los estudiantes cumplen estas condiciones:

- Comparten los motivos y los objetivos de las actividades de aprendizaje.
- Anticipan y planifican adecuadamente las operaciones necesarias para llevarla a cabo.
- Comparten los criterios de evaluación.

La detección de las dificultades y progreso de los alumnos y alumnas se puede realizar mediante instrumentos muy variados:

- Realización de un **diario de clase.** Se pueden dedicar cada día 5 minutos de clase a escribirlo. Las preguntas a plantear se pueden ser: ¿Qué he aprendido? ¿Cómo lo hemos aprendido? ¿Qué conceptos no acabo de entender? (véase el cuadro 7.12).

  Su lectura es muy interesante para el profesorado, pero también puede ocupar mucho tiempo. Si los alumnos saben trabajar en grupos cooperativos, el secretario/a del grupo puede encargarse de realizar semanalmente un resumen de lo dicho por todos sus compañeros, con lo que disminuye el tiempo necesario para leerlos.

  Al inicio, los estudiantes no saben cómo deben escribir sus reflexiones, pero, poco a poco, especialmente si se dan a conocer algunos ejemplos de interés, van aprendiendo a recoger lo más significativo. Leyéndolos, el profesorado reconoce los aspectos que el alumnado percibe que tienen mayor dificultad y así puede plantear propuestas concretas para su regulación.
- Respuestas a un **cuestionario de progreso**, en el que el primer día de introducción a un nuevo tema se pregunta: *qué creen que van aprender,* en días posteriores, *qué es lo que están aprendiendo* y, al final, *qué es lo que han aprendido*. Las preguntas se pueden plantear en general de forma más específica, y poner en común y discutir las diferentes percepciones.
- Realización de mapas conceptuales, V de Gowin, bases de orientación o diagramas de flujo. Los puede evaluar el profesorado, pero es mucho más efectivo que lo hagan los propios alumnos. En la figura 11.6 se reproduce la base de orientación realizada inicialmente por un alumno. En el cuadro 11.8 se

incluye el guión de evaluación con las respuestas del propio alumno, de una compañera y de la profesora. A partir de estas indicaciones, el alumno pudo revisar su primera producción.

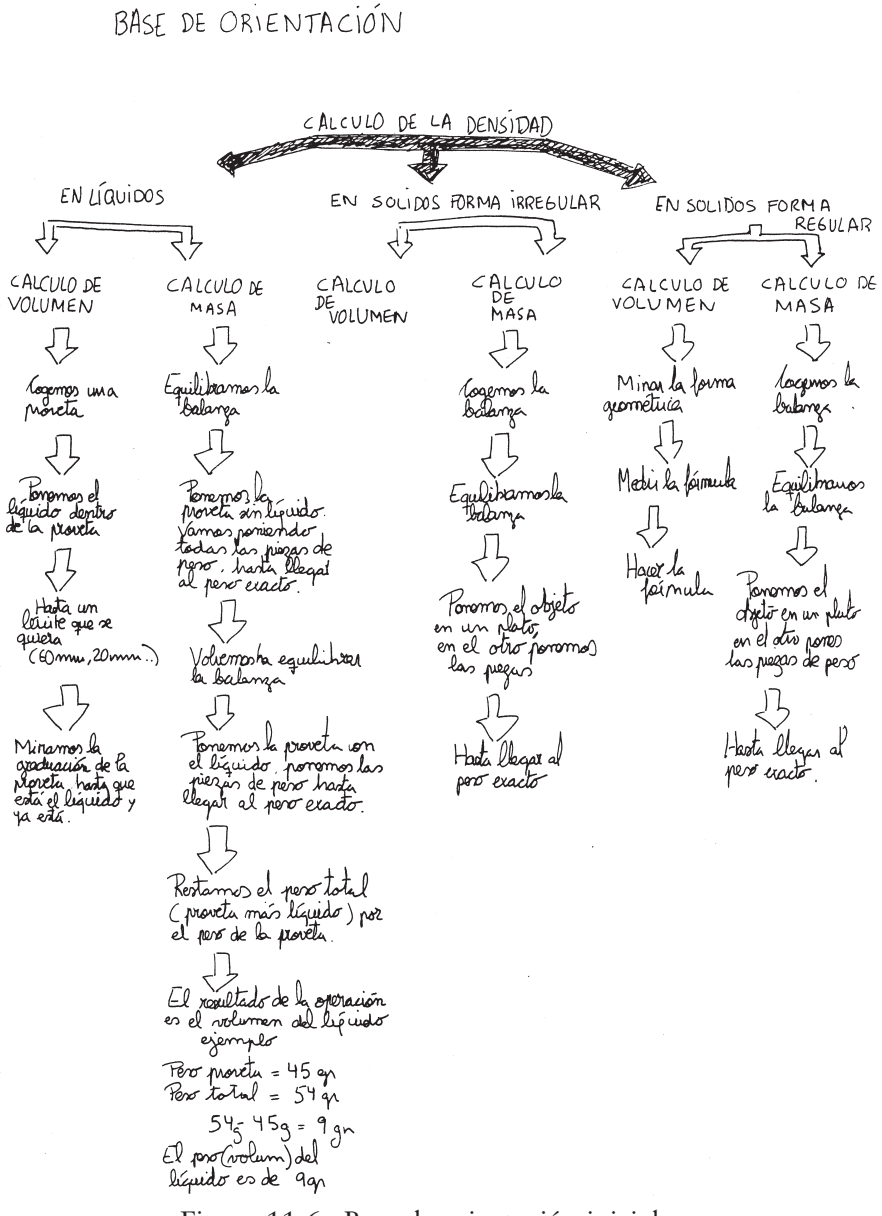


Figura 11.6. Base de orientación inicial.

Cuadro 11.8. *Guión de evaluación de una producción individual.*

Evaluación-regulación de la base de orientación

Autoevaluación:

- ¿Qué no sé?
  "No sé cómo calcular el volumen de sólidos irregulares."

- ¿De qué no estoy muy seguro?
  "Lo demás me parece bien."

Evaluación de un compañero o compañera:

- "Dices que, para calcular el volumen de líquidos, hay que poner '60 mm, 20 mm'. El volumen no se mide en mm."
- "Para medir el volumen de los sólidos de forma regular dices que se ha de: 'medir la fórmula' y 'hacer la fórmula'. No sé qué quiere decir esto."
- "No dices cómo se calcula la densidad. Solamente explicas cómo se calculan la masa y el volumen."

Revisión de la profesora:

- "Para el cálculo de la masa de líquidos, escribes: 'El resultado de la operación es el volumen del líquido'. ¿Estás seguro?".
- "Al final también dices: 'El peso (volumen) del líquido es 9 g'. Revisa esta frase. Piensa qué estás calculando: ¿la masa?, ¿el peso?, o ¿el volumen? Las diferencias entre estas tres magnitudes no las tienes claras. Si no sabes cómo resolver este problema, ven a la hora de consulta."

También se puede promover que elaboren, por parejas o en pequeños grupos, un resumen o síntesis realizado a partir de las aportaciones individuales. En estos casos, la ventaja consiste en que el profesorado ha de revisar menos trabajos, que además contienen muchos menos errores.

- Realización de **contratos de evaluación**, en los que se pactan los contenidos a evaluar y los criterios de evaluación. Los estudiantes, individualmente, concretan lo que creen que deberían haber aprendido (cuadro 11.9).

  Esta reflexión individual se puede poner en común en un pequeño grupo y, a partir de ella, concretar los aspectos que se considera que es necesario revisar y las personas que pueden ser útiles en la regulación (véase el cuadro 11.10).

Cuadro 11.9. *Precontrato de evaluación individual.*

Precontrato de evaluación *Tema:* Mezclas y sustancias puras	*Nombre:* Laura
Pienso que para el examen tendría que:	Autoevaluación / Observaciones
• *Saber explicar por qué alguna cosa es una mezcla homogénea o heterogénea.*	
• *Saber cuándo es una u otra cosa.*	
• *Saber ejemplos.*	
• *Saber cómo separar una mezcla.*	
• *Saber explicar por qué alguna cosa es una mezcla o una sustancia pura.*	*Algunas veces no sé decir por qué lo es.*
• *Saber cómo comprobar si alguna cosa es una sustancia pura.*	*Pienso que es muy difícil saberlo.*

Cuadro 11.10. *Precontrato de evaluación realizado en pequeño grupo.*

Precontrato de evaluación *Tema:* Mezclas y sustancias puras				*Grupo:* Laura (L) , Alex (A), Silvia (S), Joan (J)	
Pensamos que para el examen tenemos que:	*L*	*A*	*S*	*J*	*Propuestas para mejorar:*
• Saber cómo distinguir cuándo un material es una mezcla homogénea o heterogénea.	1	1	1	1	
• Saber justificar cuándo es una u otra.	1	3	2	1	*L.* repasará con *A.* y *J.* con *S.* Pondremos ejemplos y buscaremos razones.
• Saber poner ejemplos.	1	1	1	1	
• Saber qué método es mejor y qué pasos seguir para separar los componentes de una mezcla (filtrar, decantar, destilar, evaporar, hacer una cromatografía).	1	3	2	1	Las mismas parejas. Nos inventaremos mezclas y con los esquemas que tenemos (se refieren a diagramas de flujo) iremos viendo cómo separarlas.
• Saber decir qué es una sustancia pura y poner ejemplos.	1	2	1	1	*A* se compromete a repasar en el libro qué es una sustancia pura. Si no lo entiende *L,* le ayudará.
• Saber justificar por qué un material es una mezcla o una sustancia pura.	2	3	2	1	Todos juntos discutiremos ejemplos.
• Saber cómo comprobar si un material es una sustancia pura.	3	3	3	2	Pedimos a la profesora que nos ayude porque no lo entendemos bien.

Código: 1. Lo sabe bien; 2. Lo sabe regular; 3. no lo sabe.

Este contrato final, aunque redactado por los alumnos, es el resultado de la puesta en común entre ellos y de las ayudas dadas por la profesora que lo evalúa y ayuda a su regulación mientras lo estan elaborando en el aula. A partir de estas propuestas, se deberán proporcionar ejercicios de repaso y revisar en gran grupo las dificultades comunes a la mayoría de alumnos. Si las dificultades son más específicas, habrá que planificar ayudas más individualizadas.

Todos estos documentos y reflexiones es conveniente que formen parte de un dossier en el que los estudiantes vayan reflejando sus progresos y sus reflexiones.

A través de la evaluación formativa es especialmente importante detectar las representaciones mentales y las estrategias que utilizan los estudiantes al ejecutar una tarea, y no tanto los resultados de ésta. Es mucho más rentable evaluar si anticipan sus objetivos, si planifican la tarea adecuadamente y si identifican los criterios de evaluación que pueden ayudar a corregir los innumerables errores que normalmente se cometen al realizar cada tipo de ejercicio.

C) La evaluación al final del proceso de aprendizaje

La evaluación sumativa tiene por objetivo establecer balances fiables de los resultados obtenidos al final de un proceso de enseñanza/aprendizaje. Pone el acento en la recogida de información y en la elaboración de instrumentos que posibiliten calificar a los alumnos y el propio proceso de enseñanza diseñado.

Básicamente, tiene la función social de asegurar que las características de los estudiantes respondan a las exigencias del sistema. Pero también puede tener la función formativo-reguladora, que se orienta tanto a reconocer si los conocimientos construidos les posibilitan continuar aprendiendo –y, en caso negativo, establecer sistemas de regulación, llamados comunmente de *recuperación*–, como a determinar aquellos aspectos de la secuencia de enseñanza que se deberían modificar.

Una vez realizadas las actividades diseñadas para la enseñanza de determinados contenidos es importante evaluar el nivel de los aprendizajes adquiridos. Esta información es útil tanto al profesorado, para reconocer la calidad de su diseño curricular, como al alumnado, para tomar conciencia de su progreso.

Aun así, conviene a menudo relativizar la información que proporciona, especialmente si sólo se obtienen datos inmediatamente después de finalizar el proceso de enseñanza. En efecto, para saber cuáles son los aprendizajes realmente significativos realizados (aquellos que se mantienen a lo largo de los años, o a los que se puede acceder de nuevo sin necesidad de rehacer todo el proceso de enseñanza), se debería evaluar transcurrido un cierto período de tiempo después de haber realizado el proceso de aprendizaje. Si el aprendizaje ha sido superficial o memorístico, es posible que una prueba de evaluación realizada al finalizar el estudio del tema dé buenos

resultados inmediatos, pero, pasados dos meses, los estudiantes ya no recordarán cómo resolver tareas similares.

En la evaluación final son importantes los:

- Objetos y criterios de evaluación.
- Instrumentos de evaluación final.

c.1) Objetos y criterios de evaluación

Antes de llevar a cabo una evaluación sumativa deben precisarse los objetos y los criterios de evaluación en relación con los distintos contenidos enseñados (figura 11.7).

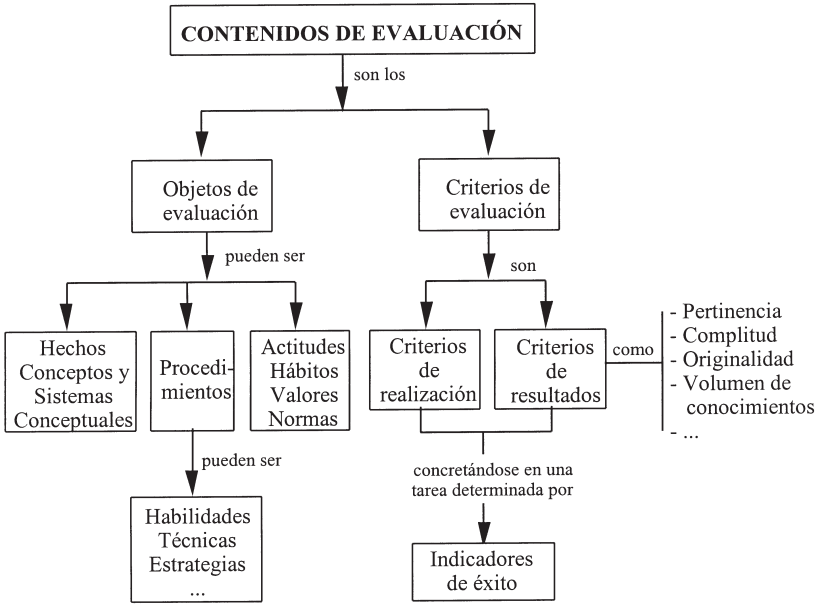


Figura 11.7. Objetos y criterios de evaluación en función de los contenidos.

En caso contrario, puede suceder que el instrumento diseñado no se adecue a los objetos de evaluación, o que la información recogida no sea la más adecuada para evaluar los aprendizajes promovidos. Incluso puede ser que se evalúen contenidos no enseñados.

Los objetos de evaluación han de estar relacionados con todos los objetivos de enseñanza. Se debe tener en cuenta que el alumnado sólo percibe como importante aquello que se incluye en la evaluación final. Por tanto, si se ha verbalizado que un determinado procedimiento es muy importante pero luego no se incluye en la evaluación sumativa, los alumnos considerarán que no vale la pena profundizar en su aprendizaje. No hay que olvidar que los estudiantes, especialmente los que tienen éxito, perciben rápidamente qué es lo que el profesorado valorará y lo que no.

El análisis de los resultados se realiza a partir de aplicar unos determinados criterios de evaluación:

> Los criterios de evaluación son las normas, a menudo implícitas, a las cuales el profesorado se refiere para decir que un estudiante ha comprendido una lección, sabe hacer una tarea u organizar su trabajo, mantener con los otros relaciones interpersonales positivas, etc. (Nunziati, G., 1990).

Se puede distinguir entre los criterios de realización y los criterios de resultados:

- Los **criterios de realización** se refieren a los aspectos u operaciones que se espera que el alumnado aplique al realizar una determinada tarea, ya sea al explicar o describir una idea, al definir un concepto, resolver un problema, redactar un texto, producir una obra plástica, etc. Por ejemplo, para reconocer si un alumno o alumna es capaz de construir un gráfico, se deberán identificar las diferentes acciones que ha poner en práctica en la realización de este procedimiento. O bien, para comprobar si se representa adecuadamente un determinado concepto, será necesario explicitar las distintas características que permiten definirlo. Como se puede comprobar, los criterios de realización coinciden a menudo con las operaciones explicitadas en la base de orientación. La actividad reproducida en el cuadro 7.7 tiene como finalidad que los alumnos compartan los criterios de realización para evaluar la calidad de sus observaciones.
- Los **criterios de resultados** se refieren a la calidad de los aspectos incluidos o de las operaciones realizadas y fijan su grado de aceptabilidad. Incluyen aspectos como pertinencia, completividad, precisión, volumen de conocimientos aplicados, originalidad, etc.

Los criterios de resultados se refieren a los aspectos siguientes:

- La *pertinencia,* es decir, si la respuesta del alumnado corresponde a la cuestión formulada, si los conocimientos utilizados, tanto conceptuales como procedimentales, están relacionados con el problema planteado, si el análisis se refiere a los objetos o fenómenos que se deberían tener en cuenta, etc.

- Si es *completo,* es decir, si todos los elementos necesarios para el análisis están presentes en la respuesta. Se debe considerar también si la reflexión en torno a un determinado aspecto es demasiado rápida, si han sido efectuadas todas las operaciones relacionadas con la tarea, etc.
- La *exactitud,* es decir, si la respuesta es justa, si no hay errores ni en el proceso ni en las conclusiones.
- La *originalidad,* es decir, si aparecen ideas, expresiones, acciones o relaciones que no son habituales ni identificables en los textos o ejercicios utilizados en el proceso de aprendizaje.
- El *volumen de conocimientos* o ideas aplicado, ya que no solamente es importante que lo que se diga o haga sea justo y pertinente; también es necesario establecer el mayor número posible de relaciones con otros conocimientos.

Muchas veces estos criterios se valoran conjuntamente con un simple *bien, regular, mal...,* que recogen la percepción del profesorado, pero cuyo significado los alumnos identifican mal. Es necesario, pues, distinguir entre los dos tipos de criterios, ya que los estudiantes, al realizar una tarea o responder a una pregunta, pueden haber aplicado las operaciones relevantes pero sin la calidad suficiente, debido a la poca precisión en el lenguaje utilizado, a ser poco creativo, o a otros aspectos. Esta diferenciación posibilita reconocer las razones de los resultados obtenidos y ayuda al alumnado en su proceso de regulación de los errores.

A pesar de haber explicitado los criterios de evaluación y analizado las producciones a partir de ellos, está comprobado que las diferencias en la valoración de una misma tarea por parte de profesores distintos pueden llegar a ser de 5 puntos, es decir, un profesor puede calificar con notable, y otro con suspenso. Ello depende de si los criterios se aplican de forma laxa o de forma exigente. También influyen las expectativas que se tienen del alumno, es decir, si se tiene la percepción de que es un buen estudiante o no.

En general, al analizar los resultados de un grupo, sea cual sea la población evaluada, siempre se obtiene una curva de Gauss más o menos distribuida alrededor del 5. Pocas veces se sitúa alrededor del 8, cosa deseable, ya que en este caso el profesorado considera que ha sido demasiado poco exigente. Este hecho indica que los criterios se modulan para que los resultados se adecuen a la obtención de dicha curva. Es lo que se señala como uno de los efectos perversos de la evaluación, es decir, a pesar de que se intente llevar a cabo una evaluación criterial, al final ésta viene modulada por una evaluación que clasifica comparativamente a los estudiantes.

Todo ello pone en evidencia que no es fácil concretar los aspectos que se tienen en cuenta para valorar las producciones de los estudiantes. En el marco de la evaluación entendida como un proceso de regulación y autorregulación, los criterios no son simples instrumentos de control establecidos por el profesor, sino conocimien-

tos que han de hacer posible que cada estudiante pueda autoevaluar su producción y, en consecuencia, regularla. Por eso es importante que a lo largo del aprendizaje se vaya evaluando si los estudiantes se los representan adecuadamente (véanse los cuadros 11.9 y 11.10)

Un criterio implica una abstracción, por lo que los estudiantes reconocen inicialmente los indicadores de éxito de una producción, especialmente comparando su producción con la de los compañeros. Un criterio debe poderse aplicar a más de una tarea, ha de ser generalizable. A partir de los indicadores, que son concretos, el alumnado va construyendo sus propios criterios, que son formulaciones más abstractas y generales.

c.2) Instrumentos de evaluación final

En la evaluación final conviene distinguir entre dos conceptos que a menudo se dan como sinónimos pero que reflejan dos realidades muy distintas: la evaluación de los aprendizajes realizados y la calificación que se da al trabajo realizado.

La evaluación de los aprendizajes realizados se puede hacer utilizando medios diversos:

- La realización de actividades de aplicación de lo aprendido a nuevos contextos o a pequeñas investigaciones. En ellas el alumno ha de demostrar que sabe transferir sus conocimientos de todo tipo a la resolución de nuevos problemas.

  Su ventaja es que permiten reconocer aprendizajes de todo tipo: conceptuales, procedimentales y actitudinales. El inconveniente más importante es el tiempo necesario, tanto en la realización del trabajo como para su corrección.
- La realización de exposiciones orales en las que los estudiantes deben explicar a compañeros del propio curso u otros sus aprendizajes. Da lugar a que todos revisen sus conocimientos y promueve el desarrollo de la capacidad de expresarse en público. Su inconveniente principal es el tiempo necesario y que no todos los estudiantes saben comunicarse oralmente. También pueden realizar presentaciones con ayuda de programas informáticos u otros medios.
- La realización de pruebas escritas o exámenes en las que todos alumnos respoden las mismas preguntas. Éste es el medio más utilizado, tanto porque no requiere demasiado tiempo como porque en él es más fácil aplicar criterios de evaluación.

No hay duda de que en todos los casos la calidad de la información recogida depende del tipo de los problemas o cuestiones planteados y de su adecuación a los objetos a evaluar. En especial conviene distinguir entre aquellas preguntas que sólo

pretenden evaluar lo que el estudiante recuerda (**reproductivas**), de aquellas otras que tratan de comprobar si sabe aplicar los nuevos conocimientos al análisis e interpretación de fenómenos o de hechos distintos de los estudiados inicialmente (**productivas**).

En el cuadro 11.11 se incluyen ejemplos de ambos tipos de cuestiones planteadas en exámenes.

Cuadro 11.11. *Ejemplos de preguntas productivas y reproductivas.*

Preguntas para evaluar aprendizajes relacionados con el concepto de densidad

- Define qué es la densidad *(reproductiva).*
- Cómo le explicarías a un compañero/a del curso anterior qué es la densidad *(productiva).*
- En un libro está escrito que la densidad es la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo. Explica con tus palabras el significado de esta expresión *(productiva).*
- Un trozo de hierro tiene una masa de 39 g y ocupa un volumen de 5 cm^3. ¿Cuál es su densidad? (*Reproductiva*.)
- Explica cómo averiguarías la densidad de una roca que te has encontrado en el monte (*productiva*).
- ¿Cómo explicarías por qué dos metales (por ejemplo, el plomo y el aluminio) tienen diferente densidad? Justifica tu respuesta basándote en el tipo de partículas que forman el metal y su estructura (*productiva*).
- A menudo se dice que el aire caliente pesa menos que el aire frío. Critica esta expresión (*productiva*).
- Cuando se prepara un "cubata" se recomienda poner primero el ron, después el hielo y, finalmente, la cola. La densidad aproximada de estas tres sustancias es 0,8 g/cm^3, 0,9 g/cm^3 y 1,1 g/cm^3. Justifica la recomendación basándote en esta propiedad (*productiva*).
- Cuando se discute sobre cuáles son los comportamientos más respetuosos con el medio ambiente siempre se deben considerar muchas variables y valorar los pros y los contras de cada una. Una de las variables más importantes a tener en cuenta es el consumo de energía debido al transporte. Si sólo tuviéramos en cuenta esta variable, ¿qué sería mejor: consumir yogures con envase de plástico o con envase de cristal retornable? (Piensa en la diferencia de densidad de los dos materiales.) ¿Qué otras variables se tendrían que considerar? *(Productiva.)*

Los resultados de la aplicación de instrumentos se traducen en notas o signos, cuyo significado ha de ser compartido por profesores y alumnos. Hay enseñantes que prefieren usar letras y flechas para indicar la calidad de las producciones, aunque lo más habitual es utilizar números.

Lo coherente es que estas valoraciones respondan a criterios objetivables y explícitos (cuadro 11.12).

Cuadro 11.12. *Pregunta y criterios de evaluación.*

Pregunta: Te presentamos dos situaciones en las que unos focos de luz iluminan una pantalla.

a) Compara el tipo de sombra que resultará en las situaciones 1 y 2.
b) Explica las razones que te llevan a dar estos resultados.

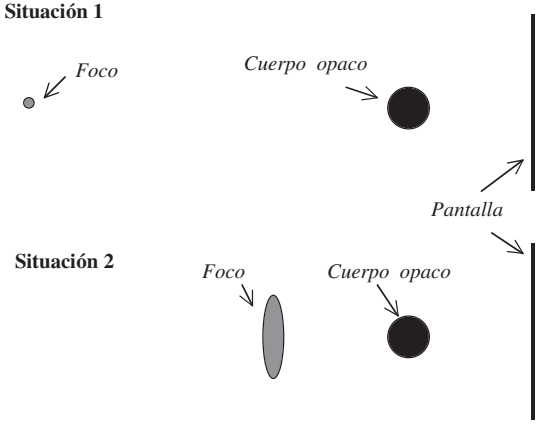
Criterios de evaluación de la actividad.

a) Indica por escrito que:

- En la situación 1, la sombra será pequeña y nítida (o sin penumbra).
- En la situación 2, la sombra será mayor y difusa (o con penumbra).

b) Indica por escrito que:

- En la situación 1, la sombra es más pequeña que en la 2, porque el foco está más lejos del objeto opaco.
- En la situación 1, la sombra es nítida porque el foco es puntual, y en la 2 la sombra es difusa porque el foco no es puntual.



Fuente: IESM J. M. Zafra, Barcelona, 1994.

Los resultados de este tipo de pruebas son una parte importante de los utilizados en la calificación, pero no la única. Las *notas* que se otorgan a cada estudiante pueden ser el resultado de la aplicación de criterios distintos (al menos en parte) de los utilizados en la evaluación de los aprendizajes realizados.

Por ejemplo, dos estudiantes con el mismo nivel de conocimientos demostrados en una evaluación final pueden tener calificaciones diferentes si se considera que también se han de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El punto inicial de partida.
- La participación en el trabajo colectivo y sus resultados.
- La calidad o puntualidad con la que se presentan los trabajos.
- El esfuerzo realizado y el interés manifestado.

En general, la calificación final es el resultado de ponderar distintos aspectos del trabajo realizado por el alumnado a lo largo de un período de tiempo. Muchas veces, los criterios globales responden a acuerdos de un Departamento, de un nivel educativo o incluso de toda la escuela, pero cada profesor o profesora siempre tiende a aplicar los suyos propios.

En este sentido, son necesarias las reuniones o juntas de evaluación, que incluso pueden contar con la participación de representantes de los alumnos, en las que se analizan los distintos casos. Es imposible no ser subjetivo en el momento de calificar, por lo que la mayor objetividad se consigue poniendo en común y ponderando diversas subjetividades.

Una de las dificultades habituales es el valor que se otorga en la calificación individual final a los trabajos realizados en pequeños grupos. Si sus resultados no se incluyen en la evaluación sumativa, buena parte de los estudiantes no se esforzarán en realizarlos. Pero tampoco se puede confundir los resultados colectivos con los individuales, por lo que se acostumbra a darles un valor que puede ser el resultado de un pacto entre profesores y alumnos.

También es importante dar valor a la presentación de los trabajos y deberes, independientemente de su calidad, para favorecer que todos los alumnos se esfuercen en pensar sobre ellos. Ello facilita el trabajo en pequeños grupos e incluso que el profesorado pueda detectar dónde están las dificultades y ayudar a su regulación. El cuadro 11.13 reproduce una hoja de autocontrol de la presentación de trabajos en el seno de un grupo, que es cumplimentado por la persona responsable de esta tarea de cada uno de ellos.

Diferenciar entre evaluar para aprender y evaluar para calificar es un reto que se debe afrontar tanto por el alumnado como por el profesorado. También lo son las interrelaciones entre estas dos maneras de concebir la evaluación de los aprendizajes.

Un reto que supone concebir la evaluación de forma muy distinta a cómo se ha conceptualizado históricamente y a cómo la ven las familias y la sociedad en general.

Cuadro 11.13. *Hoja de autocontrol del trabajo en grupo.*

Presentación de los trabajos

Tarea																	
Alumnos/as del grupo																	

Evaluación de las actitudes del grupo

Alumnos/as del grupo	*Respetar la palabra*	*Responsabilidad dentro del grupo*	*Colaboración con el grupo*	*Realización de los trabajos*

Evaluación de los trabajos realizados en grupo por el profesor/a

Nombre de la actividad	*Comentarios del profesor/a*

Fuente: Neus Escofet, IESM Juan de la Cierva, Barcelona, 1994.

c.3) La regulación de la evaluación final

De los resultados de una evaluación final se puede deducir la necesidad de una regulación posterior. Muchas veces, esta evaluación diagnostica errores que deberán tenerse en cuenta en la enseñanza de los temas posteriores. Otras veces, convendrá planificar tareas específicas para algunos estudiantes, a fin de revisar algunos de sus conocimientos. En este sentido, la evaluación final o sumativa es también una evaluación formativa.

Se ha comprobado que cuando el profesorado analiza un trabajo o prueba y pone comentarios escritos sobre aspectos que están bien o aspectos que conviene revisar, los resultados posteriores de los alumnos son mucho mejores que si sólo se ponen números o las dos anotaciones a la vez. Ante un número el estudiante no se plantea el porqué, a no ser que pueda intentar arañar una décima discutiéndolo con el profesorado. En cambio, algunas veces los comentarios le ayudan a entender la causa de su error o a reafirmar una respuesta que dio sin estar convencido, con lo que la actividad evaluadora tiene también aquí una función formadora.

En este sentido, es útil plantear cuestionarios de autorrevisión, como el reproducido en el cuadro 11.14.

Cuadro 11.14. *Análisis de una prueba de evaluación final.*

ANÁLISIS DEL CONTROL DEL APARATO DIGESTIVO .

1.-No sabía lo que se tenía que responder porque:
- ⊙ No había estudiado
- ⊙ No entendía el texto me lían mucho los textos sin palabras base
- • No recordaba los conceptos

¿Qué tengo que hacer para resolverlo bien?

Estudiar mas las funciones haciendo esquemas

2.-¿Cómo crees que tienes que utilizar los apuntes para saber la anatomía del aparato digestivo y las funciones de cada parte?
- • Volver a hacer los mapas conceptuales.
- ⊙ Hacer un cuadro de todo lo que se tiene que saber.
- ⊙ Explicar a un compañero cada parte y función.

Haciendo chuletas (consejo hecho en clase)

3.- ¿Por qué no he sabido poner los conectores?
- • Porque no entiendo que son los conectores.
- • Porque no entiendo qué quiere decir mapa conceptual
- • Porque no entiendo las palabras.

Porque si no estudias no sabes que se conecta con cada cosa

4.- ¿Por qué no puedo escribir un texto ordenado?

Porque no tenemos los conceptos bien ordenados

5.- Análisis de las tablas:
- • No entiendo lo que está dibujado.
- • No sé relacionar datos verticales (ordenadas) con los horizontales (abscisas)
- • No entiendo las preguntas que me hacen.

¿Cómo lo puedo solucionar? ⊙ Las preguntas están mal ~~dadas~~ hechas

Trabajar con gráficas

Fuente: Marta Simón. IES Leonardo da Vinci, St. Cugat del Vallès, 2000.

DISEÑO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA

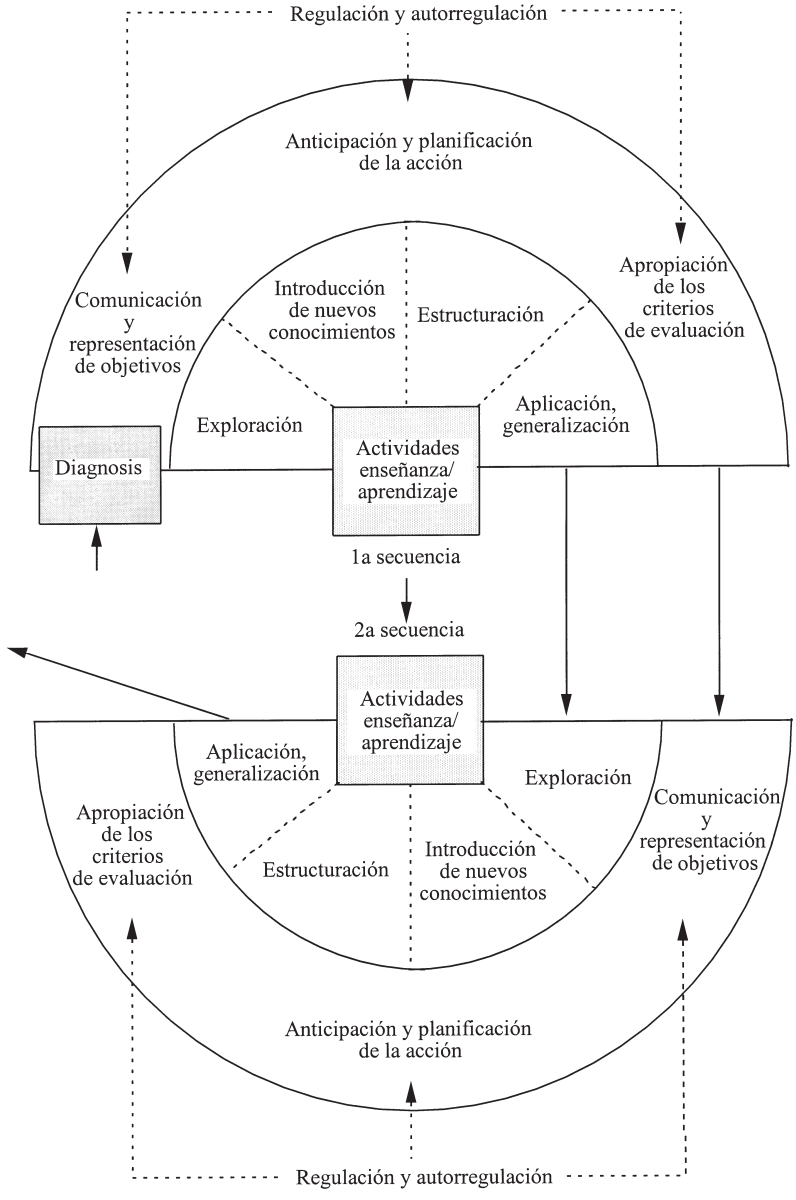


Figura 11.8. Interrelación entre actividades de enseñanza y actividades de evaluación.

Toda evaluación pone además en evidencia la diversidad del alumnado. Aunque la enseñanza tiene como objetivo reducir las diferencias, no hay duda de que éstas continúan existiendo, por lo que muchas veces será conveniente organizar actividades para algunos alumnos en concreto, como deberes o en espacios de tiempo distintos de la clase habitual. Estas actividades se habrán de diseñar teniendo en cuenta las características del alumno que tiene dificultades, evitando la monotonía –más de lo mismo– y promoviendo el compromiso de los propios estudiantes en el trabajo a realizar (véanse los cuadros 12.9 y 12.10).

11.4. Interrelación entre las actividades de enseñanza y de evaluación

Analizando la evaluación desde la perspectiva anteriormente descrita, se constata que no se pueden diseñar las actividades de evaluación al margen del diseño de las actividades de enseñanza. Es más, en muchos casos las actividades de enseñanza y las de evaluación deben coincidir, si es que se parte del punto de vista del aprendizaje como un proceso en el que son fundamentales la regulación y la autorregulación. La figura 11.8 muestra un esquema que intenta poner de manifiesto la interrelación entre los distintos tipos de actividades.

12
La gestión del aula y la atención a la diversidad

Uno de los temas que más preocupan a los profesores, incluso a los más expertos, es cómo atender a la diversidad de aptitudes y actitudes que manifiestan los alumnos en el seno de un grupo-clase. Dar respuesta a esta problemática implica revisar, además de la selección y contextualización de los contenidos a enseñar y de las actividades propuestas para su aprendizaje, la organización del grupo-clase y, en general, todo lo relacionado con la gestión de dichas actividades.

Para que el alumnado aprenda, es necesario que interactúe con materiales didácticos y con las personas que forman parte del grupo-clase (profesorado, compañeros) en la realización de tareas relacionadas con el aprendizaje de un determinado conocimiento. Pero la mayoría de alumnos no suelen estar interesados por aprenderlo, no tienen hábitos de trabajo ni actitudes que favorezcan el quehacer colectivo y, en otros casos, no han desarrollado las aptitudes necesarias.

Paralelamente, el profesorado suele tener muy poca experiencia y conocimientos sobre gestión de grupos. La metodología de clase con la que la mayoría de profesores "aprendió" fue la basada en la explicación magistral ante una clase silenciosa que "toma apuntes". Pero en el momento en que el aula acoge toda clase de alumnos, y no sólo una selección, esta metodología resulta muy poco útil.

Plantear clases en las que los estudiantes experimenten, hablen, discutan, pregunten, trabajen en grupo y se evalúen mutuamente conlleva que haya ruido y desorden aparente, dos de las situaciones más temidas por muchos profesores. Además, ante la diversidad del alumnado no se puede pensar en un tipo de organización en el que todos los estudiantes estén siempre desarrollando el mismo tipo de actividades, pero esta posibilidad también es difícil de concretar en la práctica.

El aprendizaje de la profesión de enseñar requiere, pues, desarrollar la capacidad de diseñar y aplicar entornos de aprendizaje que fomenten ambientes de clase y valores tendentes a estimular el interés por aprender colectivamente, la comunicación y

la cooperación entre los miembros del grupo-clase, la manifestación de puntos de vista diversos y el respeto a todos ellos, y el desarrollo de la autonomía.

En este capítulo se profundizará en la gestión del aula en las clases de Ciencias, especialmente en relación con la forma de organizar el grupo y las actividades teniendo en cuenta dos finalidades:

- ¿Cómo favorecer la comunicación en el aula?
- ¿Cómo atender a la diversidad del alumnado?

12.1. ¿Cómo favorecer la comunicación en el aula?

La situación de aprendizaje es fundamentalmente una situación social de comunicación y un lugar de interacción entre profesorado y alumnado y entre los mismos alumnos en torno a una tarea o a un contenido específico.

Pero no es fácil conseguir crear las condiciones para que esta comunicación se pueda producir. Los comentarios más habituales entre el profesorado se refieren a que alumnos "pasan", no respetan el turno de intervención, tienden a copiar, no participan, hablan entre ellos de otras cosas... Y los alumnos dicen que no se les escucha, que no les interesa, que todo es aburrido, que no entienden y que nadie les ha enseñado a participar. Por ejemplo, una alumna de Bachillerato que describe su percepción de unas clases en las que el profesor intenta promover su participación escribe:

> Otro de los buenos profesores que tenemos es el de Geología. El libro casi no lo utilizamos. Cada día nos trae fotocopias de cortes geológicos, de artículos de revistas, de libros distintos... En clase los hemos de leer y nos pone preguntas para ver si los entendemos. Nos pide que opinemos y las discutamos entre nosotros [describe otras actividades]. Pero las clases son un poco lentas, aunque me parece que es por culpa nuestra: él nos pide que participemos más pero no sabemos hacerlo, no nos han enseñado a hacerlo (C. S., 17 años).

La mejora de la comunicación en el aula requiere profundizar en conocimientos que ayuden a la comprensión de los problemas y que favorezcan la génesis de nuevas prácticas. Ciertamente no hay reglas de actuación generalizables y, además, enseñar a participar y a trabajar en equipo no es tarea de un solo profesor ni de un solo curso, sino del conjunto de la escuela. Tampoco se ha de olvidar que cada forma de gestionar el aula se fundamenta en valores, así como que la experiencia es una buena fuente de saber en este campo. Aspectos en los que conviene profundizar son:

- La institucionalización del grupo-clase.
- El trabajo en pequeños grupos.
- Las interacciones profesorado-alumnado en gran grupo.

12.1.1. La institucionalización del grupo-clase

Todo grupo-clase crea sus propias reglas de funcionamiento, las institucionaliza. Aunque nadie lo verbalice, todos los componentes saben qué se puede o no hacer, qué estará "bien visto" por el grupo y qué conviene ocultar. En la mayoría de los casos, estas reglas tienen poco que ver con las normas que el profesorado verbaliza y muy pocas veces se promueve de forma explícita su construcción colectiva.

El caso descrito en el cuadro 12.1 nos muestra dos tipos de actuaciones del profesorado en relación con el establecimiento de normas de trabajo. Los minutos iniciales de un curso son fundamentales para establecer las primeras reglas de juego que han de guiar la convivencia y el trabajo en el aula. Cada discurso y cada práctica promueve unas determinadas expectativas, sentimientos y valores, y genera ideas y actuaciones distintas.

Cuadro 12.1. *Dos formas de plantear las normas de trabajo en el aula***.**

El primer día de clase

En las aulas A y B, correspondientes a dos cursos de 1.º de ESO, los respectivos profesores de Ciencias presentan el trabajo a realizar el primer día de clase:

Clase A: La mayor parte del discurso consiste en dar a conocer las normas de funcionamiento en su clase, todo aquello que no se puede hacer y los castigos que se impondrán si no se cumplen las normas dadas, cómo recuperar los suspensos...

Mientras el profesor habla, un alumno habla con un compañero y tira un objeto. El profesor lo expulsa de clase inmediatamente.

Los estudiantes piensan: ¡Con qué ánimos empezamos el curso! ¿Cómo lo haremos para saltarnos las normas sin que nos castiguen?...

Clase B: La mayor parte del discurso se orienta a estimular la participación del alumnado con el objetivo de conseguir su complicidad en el funcionamiento del aula. El profesor dice (porque se lo cree) que su interés es que toda la clase aprenda cosas interesantes y que sean útiles para entender lo que sucede en su entorno. También les comenta que su finalidad es que todos aprueben, pero que sin su colaboración eso no será posible, ya que ellos son los que conocen mejor lo que sirve para aprender y lo que no, y cómo trabajar mejor conjuntamente.

También les dice que para trabajar bien será necesario establecer unas normas y que cuenta con ellos para fijarlas. Pero, al mismo tiempo, dice que una vez acordadas será exigente en su cumplimiento y les pide que le ayuden cuando algún compañero se "despiste".

El alumno X se ríe incrédulo y tira un objeto a otro. El profesor plantea: "En grupos de 3 discutid (10 minutos) qué deberíamos hacer (vosotros y yo) ante lo que ha hecho X". Lo ponen en común y valoran conjuntamente ventajas e inconvenientes de cada propuesta (algunas pueden ser tonterías fuera de lugar, pero también se discuten). Los acuerdos se anotan en la pizarra, en un mural y en la libreta.

Los estudiantes piensan: ¡No sé si esto funcionará! Pero, ¿por qué no probar?

Evidentemente, un discurso inicial no cambia nada si posteriormente no se trabaja de forma consecuente. Ello implica que el profesorado ha de ser coherente (en lo posible) en la aplicación de este discurso y que se ha de prever que habrá estudiantes que no entrarán en el juego, o que en un determinado momento se olvidarán de él y será necesario impulsar la autorrevisión sobre cómo se está actuando.

El significado de lo que ocurre en el aula sólo puede comprenderse cuando se tiene en cuenta su dimensión institucional, ya que el inconsciente del grupo se manifiesta en su organización, en su funcionamiento. En todo grupo se establecen rápidamente relaciones entre los miembros (de aceptación, rechazo o indiferencia), unas expectativas sobre los objetivos (aprender o, por el contrario, "pasar"), y unas reglas de actuación (en relación con la realización de las tareas y con la participación). En la escuela, la mayoría de estos objetivos y reglas son implícitos, nadie los verbaliza, pero todos los miembros los reconocen. Los liderazgos se imponen sin que el profesorado ni los estudiantes tomen conciencia de ellos y se establecen relaciones interpersonales muy definidas que a menudo obstaculizan otras interacciones. El *sociograma* es un buen instrumento para detectar la estructura del grupo-clase y para orientar la constitución de grupos de trabajo (figura 12.1).

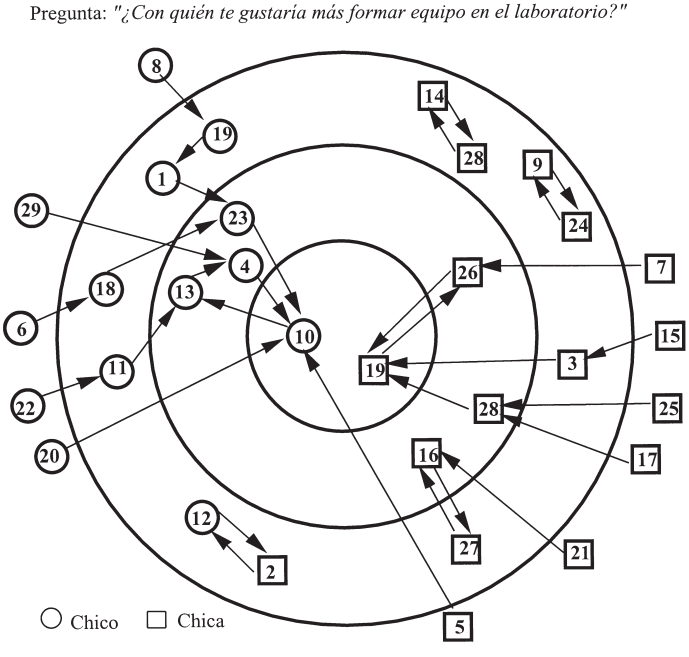


Figura 12.1. Sociograma de un grupo de 3.º de ESO.

Esta institucionalización de reglas de actuación afecta al funcionamiento global del grupo-clase y en cada una de los distintos tipos de actividades. Como ya se ha indicado, se establecen *contratos didácticos* implícitos sobre cómo resolver problemas, cómo trabajar en el laboratorio, qué hacer mientras el profesor explica, etc.

En todos los casos, alumnos y profesores actúan dando por establecidos objetivos, reglas y valores que nadie ha explicitado pero que, o bien se hacen de una determinada forma porque así se ha hecho desde generaciones anteriores (por ejemplo, considerar que el enunciado de los problemas tiene que recoger los datos necesarios y suficientes para resolverlo o que el profesor es el único que puede valorar si una tarea está bien realizada), o bien porque el grupo los ha adoptado entre los posibles en el contexto social en el que viven (por ejemplo, despreciar y marginar a quien tiene interés por aprender o a quien manifiesta intereses ecologistas o solidarios).

Si el profesorado no explicita e impulsa otros objetivos, reglas y valores, se establecen de forma "espontánea" los dominantes y se reproducen los conocidos. Por ejemplo, si el objetivo del colectivo es aprobar aplicando un esfuerzo mínimo, rápidamente se institucionalizan formas de trabajo basadas en la copia, en repetir lo que dice el libro o el profesorado, en repartirse el trabajo entre los miembros del grupo, en delegar responsabilidades... Cambiar estas reglas es extraordinariamente costoso pero imprescindible si se quiere que la clase "funcione" y que se consigan aprendizajes significativos y relevantes.

Aprender otros tipos de contratos didácticos requiere aplicar procesos similares a los descritos para aprender modelos teóricos científicos. Es necesario el diseño y aplicación de procesos educativos en los que el alumnado, a partir de sus ideas y prácticas previas, construya nuevos valores y pautas de actuación. No sirve, por tanto, "transmitir" normas de comportamiento construidas por otros, sino que se ha de dar tiempo para poder experimentar, compartir reflexiones y vivencias gratificantes, y adquirir nuevos hábitos.

Dedicar tiempo a la institucionalización del grupo, favoreciendo que el alumnado tome conciencia de su funcionamiento y proponga cambios, no es perder tiempo de enseñanza sino que, por lo general, hace más rentable el poco que se tiene. Una antigua alumna, al valorar qué consideraba que le sirvió más de su paso por la escuela dice:

> *Valoro especialmente que el profesor de Ciencias fuera capaz de parar lo que estábamos haciendo cuando había un conflicto y hacer que lo discutiéramos entre todos. Esto, cuando lo pienso después de pasados 10 o 15 años, creo que influyó mucho en mi formación.* (También se refirió a otros aspectos que valoraba, como el estudio sobre la realidad a través de salidas al campo y realización de experimentos y la no dependencia del libro de texto.)

Algunas ideas y prácticas que se ha demostrado que resultan útiles son:

- Iniciar cualquier curso dedicando tiempo a la negociación y explicitación de las normas de funcionamiento del grupo, con la finalidad de concretar pactos o *contratos*. Estos contratos se referirán a la institucionalización de las relaciones entre los miembros del grupo y a todo lo que configura la vida del aula o del trabajo en el laboratorio o en el campo: qué hacer, con qué objetivos, cómo, con qué normas, cuáles son las responsabilidades de cada una de las partes, cómo se evaluará si se cumple el pacto, qué consecuencias conlleva romperlo...
- Argumentar ante el alumnado, con convencimiento y de forma transparente y estimulante, la necesidad de llegar a acuerdos sobre formas de trabajo cooperativas basadas en la colaboración entre todos. Pedir que escriban, en pequeños grupos, sus propuestas en relación con el trabajo en el aula y en su grupo, al sistema de calificación, a los exámenes, a las penalizaciones por no cumplir los pactos, a las ayudas en caso de dificultades, etc. (cuadro 12.2). Posteriormente, se discuten en gran grupo hasta llegar a acuerdos (cuadro 12.3). Estos acuerdos se ponen por escrito, se reparten copias individuales, se reproducen en un cartel...

Cuadro 12.2. *Normas redactadas por un grupo de estudiantes (2.º curso de ESO).*

Propuesta de reglas (Grupo: los Makinavajas)

- No discutir tanto por las ideas que cada uno puede tener y que quiere imponer al grupo.
- Ser más solidarios con los demás, con sus opiniones.
- Si se trabaja en grupo, trabaja todo el grupo y no se deja a uno de lado solamente porque no sepa tanto.
- Hacer a menudo charlas para aclarar nuestra relación.
- Tener una buena relación con los profesores. Que nos ayuden cuando no sepamos.
- Que no haya discriminaciones entre grupos.
- Que no haya como una especie de director del grupo y que todo el mundo sea igual.
- Si hay alguien que no quiera trabajar, que los demás intenten convencerlo de trabajar.
- Que todos sepan las mismas cosas. No hacer diferencias.
- Hacer exámenes cuando todo esté bien claro.
- Que si el profesor ve que uno no trabaja que lo llame para que venga por la tarde. Primero decirle nosotros que trabaje.
- Si nosotros vemos que un chico/a no trabaja o no lo entiende, que le ayudemos a saber lo que nosotros sabemos.
- Que un trabajo se haga una vez individual, y otra vez en grupo. Así veremos si nos aproximamos a la respuesta. Y que valgan lo mismo los dos tipos de trabajo.
- Que nos ayudemos entre grupos.

Fuente: IESM J. M. Zafra, Barcelona, 1992.

Cuadro 12.3. *Contrato elaborado por un grupo-clase (2.º de ESO).*

Los secretarios de los 6 grupos de trabajo de 2.º A y el profesor de Ciencias, recogiendo las opiniones de los grupos y los acuerdos a los que se llegaron en las discusiones de clase, redactamos el siguiente contrato:

1. Dentro de cada grupo, cada miembro ha de poder decir lo que piensa y nos debemos ayudar entre todos. Hemos de explicar a un compañero o compañera una cosa que no entiende o corregirle si se equivoca, y al mismo tiempo dejar que cada uno tenga iniciativa.
2. Se ha de mantener la buena convivencia, ya que así mejoraremos los resultados de todos y además, es vital para poder trabajar en equipo.
3. Se ha de intentar solucionar las dudas dentro del grupo antes de pedir ayuda al profesor. Esto permitirá que el profesor se pueda dedicar más a quien lo necesita y, por otro lado, cuando explicamos cosas a los compañeros, aprendemos más.
4. Dentro del grupo no habrá división del trabajo. Todos debemos hacer los ejercicios, ya que si se hace de otra manera podría ser que algunos continuasen sin saber hacer algunos de los trabajos debido a que no los intentan hacer.
5. En el laboratorio nos repartiremos el trabajo, pero todos estaremos atentos a lo que se hace y escribiremos nuestras ideas. Así, aprenderemos todos y no sólo el que lo hace o escribe.
6. Intentaremos hacer los deberes y llevar los materiales que necesitemos para la clase. No nos pondremos a trabajar en grupo hasta que todos hayamos intentado hacer los trabajos. Así, podremos comparar lo que hace cada uno.
7. Los grupos estarán formados por 4 miembros. Cada grupo autocontrolará el trabajo de cada uno. Esto ayudará a evitar olvidos.
8. En la evaluación final se tendrán en cuenta el funcionamiento y el progreso del grupo. Contará un 10% de la nota. Esto hará que el grupo funcione mejor.
9. Los miembros de la clase se comprometen a no chillar ni hacer ruido innecesario. Esto ayudará a trabajar concentrados y a mejorar los resultados.
10. Los miembros de la clase nos comprometemos a escucharnos (a los compañeros/as, al profesor y éste a todos los alumnos). Sólo así nos podemos entender, comparar opiniones y aprender.

Barcelona, 5 octubre de 1992

Firmado:	Firmado:	Firmado:	Firmado:
secretario grupo 1	secretario grupo 2	secretario grupo 3	secretario grupo 4
Firmado:	Firmado:	Firmado:	
secretario grupo 5	secretario grupo 6	profesor de Ciencias	

Fuente: P. Ruata, IESM Juan de la Cierva, 1992.

- Ser exigente en el cumplimiento de los acuerdos y renegociarlos si se considera necesario. No se puede pensar que porque se haya pactado algo, en todos los momentos y todos los componentes del grupo actuarán consecuentemente. No hay que olvidar que cualquier acuerdo, aunque se esté convencido de su necesidad e interés, se transgrede fácilmente por muchas razones. Por ello,

es necesario recordar periódicamente los compromisos y no dejar pasar situaciones de incumplimiento sin ponerlas de manifiesto.

- Antes de empezar a aplicar una actividad es conveniente recordar y justificar las normas de actuación concretas, procurando anticipar todas las posibles dificultades inherentes a su gestión (véase el cuadro 9.6). Es importante tener en cuenta que siempre es *mejor prevenir que curar* y que, aunque se hayan establecido pactos generales, cada actividad tiene sus propias reglas de funcionamiento.
- Estimular la homogenización del grupo mediante el desarrollo de la autonomía personal y no por la sumisión. Es importante promover valores como la equidad –no hay nada más injusto que tratar como iguales a los desiguales–, la solidaridad –los pactos deben responder más a las necesidades globales del grupo que a las prioridades de unos miembros sobre otros– y la tolerancia –la diversidad de los individuos, de las sociedades y de las culturas es una riqueza de la humanidad–. No es preciso decir que, si estos valores no coinciden con los del profesorado, será difícil que el grupo llegue a adoptarlos.
- Trabajar con transparencia, es decir, dar y pedir razones de las actuaciones, empezando por las del propio profesorado. En especial, ser transparente en relación con los criterios de evaluación y, en general, con cualquier tipo de valoración. Para ello es importante también desarrollar la empatía o capacidad para ponerse en el lugar del otro y saber cómo despertar emociones positivas.
- Ante situaciones muy conflictivas de incumplimiento de los pactos, es mejor no forzar la crisis en el marco del grupo-clase y, en cambio, discutirlas con el alumno que ha originado el problema en los momentos inmediatamente posteriores a la clase. En gran grupo, los adolescentes pueden desear mantener una determinada postura más para defender su posición ante los compañeros que por considerarla importante.
- Priorizar los aspectos relacionados con la afectividad del alumnado, con sus sentimientos y las emociones que puedan experimentar. Sin un buen desarrollo emocional es imposible que otras capacidades se apliquen en la resolución de tareas útiles tanto para la propia persona como para el colectivo del cual forma parte.
- Abordar la resolución de conflictos por partes, y no pretender que los estudiantes realicen cambios revolucionarios de comportamiento en poco tiempo. En este sentido, será importante favorecer que las normas pactadas se conviertan en hábitos (una a una). En algunos casos, será conveniente pactar normas con algún o algunos estudiantes en particular (véase el cuadro 12.9).
- No interpretar las expresiones de los alumnos como sus pensamientos o sentimientos reales, ni renunciar, en consecuencia, a plantear temas de estudio y actividades sólo porque no son acogidos inicialmente con entusiasmo. Los alumnos pueden realizar comentarios en voz alta desvalorizando o ridiculi-

zando lo que el profesor propone hacer y, en cambio, llevarlo a cabo bien e, incluso, con manifiesto interés. Hay que tener en cuenta que son adolescentes y que, por ello, han de manifestar su rechazo a las propuestas de los adultos. Pero lo importante es que las lleven a cabo.

Es importante no olvidar que, en el contexto social actual de la mayoría de adolescentes, aprender y aprobar no es un valor explícito (aunque en el fondo todos desean tener éxito en los estudios). Su interés por la escuela proviene más de las posibilidades de convivencia con otros jóvenes que aquélla ofrece que de los temas de estudio, y sólo cuando el grupo está bien estructurado se pueden plantear otros objetivos.

12.1.2. El trabajo en grupo

El pequeño grupo es la unidad de aprendizaje por excelencia. De forma espontánea, los estudiantes se interrelacionan formando parejas, tríos o incluso subgrupos mayores, y cuando algún alumno queda aislado es siempre un indicador de problemas. Estos subgrupos no son necesariamente los mismos en todas las actividades, aunque hay relaciones mucho más fuertes e, incluso, algunas son excluyentes.

El profesorado también utiliza la estructura del pequeño grupo en la realización de actividades, ya sea en los trabajos prácticos, en la confección de murales o en la elaboración de trabajos monográficos. También se utiliza habitualmente la agrupación en parejas para la resolución de problemas y ejercicios.

Sin embargo, se confía poco en su valor para el aprendizaje. Se constata que muy a menudo los grupos tienen problemas para organizarse, unos estudiantes copian de los otros, hablan entre ellos de temas alejados del objetivo del trabajo, hay ruido y desorden en el aula, etc. Pero en determinados momentos, siempre que se haga en las condiciones adecuadas, el trabajo en grupo tiene cualidades y ventajas que lo hacen imprescindible: permite, por un lado, que cada estudiante aprenda a integrarse en un colectivo, a compartir las tareas, a coordinar los esfuerzos y a ejercer responsabilidades, y, por otro lado, posibilita que los propios alumnos lleven a cabo tareas de enseñanza de sus compañeros, tanto para ayudarles a solucionar sus problemas como para aprender a solucionar los propios. Es imposible que el profesorado pueda escuchar y dar respuesta a las dificultades de cada uno de los alumnos y, en cambio, a través de los grupos se consigue que la mayoría encuentre un espacio para explicarse y para superar sus obstáculos.

El mayor valor y la mayor dificultad del intercambio intelectual en un grupo se fundamenta en que se pone a la persona ante puntos de vista diferentes del suyo. Pero, para que la discusión sea posible, es necesario que cada participante comprenda el punto de vista ajeno. En las discusiones en el marco del grupo-clase es difícil

que este esfuerzo de comprensión se produzca porque, al estar conducidas por el enseñante, el alumnado sabe que sus intervenciones son sólo etapas que conducen al momento en que se dice cuál es la interpretación correcta. Por ello, la mayoría de estudiantes no *activan* su mente en la discusión, ya que sólo esperan el momento en que la verdad del profesor o profesora se desvele.

Las condiciones intelectuales de la cooperación se cumplen mejor en un grupo pequeño, cuando cada integrante intenta comprender los puntos de vista de los demás y adapta su propia acción o contribución verbal a la de ellos. El estudiante razona con más lógica cuando discute con otro, ya que lo primero que busca es evitar la contradicción y, también, demostrar y dar sentido a las palabras y a las ideas. Durante los períodos formativos, la lógica la imponen y sancionan los demás. La cooperación es lo que permite sobrepasar las intuiciones egocéntricas iniciales y tener un pensamiento móvil y coherente. Es difícil que se adquieran hábitos intelectuales rígidos y estereotipados cuando se tiene la obligación de tener en cuenta otros puntos de vista, además de los propios, y de establecer relaciones entre los propios pensamientos y los de los compañeros.

Todo ello comporta que el trabajo en grupo favorece a todo tipo de estudiantes, tanto a los que tienen dificultades de aprendizaje como a los que no. A los primeros, porque el pequeño grupo facilita la expresión de sus dudas y puntos de vista, cosa difícil de conseguir en el marco del gran grupo. A los segundos, porque la necesidad de explicitar los propios razonamientos obliga a concretarlos y desarrollarlos de manera lógica, escogiendo las palabras más adecuadas. Es bien sabido que sólo se es capaz de explicar algo a los demás cuando está bien aprendido. Al mismo tiempo, facilita el trabajo del profesorado, ya que en el pequeño grupo tiene lugar un proceso de regulación de muchas de las dificultades de sus componentes y al enseñante sólo le llegan los problemas que el grupo no ha sabido resolver.

No hay duda de que el trabajo en grupo debe combinarse con el trabajo individual y con el trabajo en gran grupo. Una buena gestión del aula exige del profesorado saber relacionar adecuadamente los tres tipos de organización del trabajo.

Conseguir que el trabajo en el aula sea cooperativo, es decir, que todos los estudiantes colaboren en la realización de las tareas y que se ayuden mutuamente, no es fácil. Los valores sociales predominantes no facilitan la ayuda entre compañeros –si no son los del pequeño grupo natural– y habitualmente se manifiestan multitud de conflictos ajenos al objetivo del trabajo. Además, un trabajo en grupo sólo es rentable cuando parte de un trabajo individual previo, que es muy difícil conseguir que todos lleven a cabo.

Por ello el profesorado, además de tener conciencia de la importancia del pequeño grupo en el aprendizaje de sus alumnos, ha de ayudar a su organización y funcionamiento. Algunas de las cuestiones a las que hay que dar respuesta son:

a) Qué tipo de actividades son más adecuadas o necesitan ser realizadas en pequeños grupos.

b) Cómo constituir los grupos.
c) Qué relación debe haber entre el trabajo individual y el trabajo en grupo.

A) Tipos de actividades a realizar en pequeños grupos

En las clases de Ciencias, el trabajo en grupos es necesario en muchos momentos, ya sea para la realización de trabajos prácticos, para favorecer la verbalización y discusión de los puntos de vista de todos los alumnos, para buscar informaciones y datos, o para diseñar y realizar pequeñas investigaciones. Pero no en todos los casos se necesita el mismo tipo de agrupación.

En algunas actividades interesará que los grupos sean *heterogéneos,* especialmente si se pretende que el grupo contraste y negocie sus puntos de vista y coopere para conseguir que todos sus miembros superen algún tipo de dificultades (véanse las figuras 12.2 y 12.3). En cambio, en otras situaciones interesará que sean *homogéneos* en relación con los intereses y aptitudes de sus componentes, especialmente cuando se lleven a cabo actividades de transferencia de conocimientos en las que pretende que éstos se apliquen a contextos nuevos (véase el cuadro 12.5).

Las actividades donde el trabajo en grupo es fundamental son aquellas cuya finalidad es la construcción de un concepto o de un procedimiento a partir de la diferenciación y de la coordinación de diferentes puntos de vista. La tendencia del alumnado a ver los problemas desde un solo referente le conduce a elaborar explicaciones superficiales o a simplificarlas, lo cual se convierte en una forma habitual de afrontar los aprendizajes. En cambio, a partir de las discusiones en grupo, el alumno puede reconocer diferentes maneras de ver el problema, debe compararlas, evaluarlas, discutirlas y ha de negociar una producción final consensuada.

No debe confundirse el trabajo en grupo con la división de las tareas entre los miembros de un colectivo. Esta práctica, tan habitual cuando se realizan estudios bibliográficos sobre un tema o murales, tiene poco sentido para el aprendizaje, ya que no promueve la interacción entre los estudiantes (excepto en lo que se refiere a la distribución de las tareas). La condición para que el trabajo en grupo sea fructífero es que sus objetivos estén bien fijados, que antes del trabajo conjunto se dejen espacios de tiempo para la reflexión individual, y que se promueva en el interior del grupo la aplicación de reglas de funcionamiento basadas en la cooperación.

B) La constitución de los grupos

Conseguir que el trabajo en grupo sea cooperativo no es fácil y requiere que el profesorado tenga capacidad de convencer y recursos para facilitar su aplicación.

Cualquier gran grupo tiende a organizarse a partir de criterios generalmente no explícitos. Así, en una clase unos estudiantes quedan marginados, otros se erigen en líderes promoviendo que buena parte del resto se subordinen en diferentes grados a ellos y la mayoría desarrolla estrategias de copia. Romper con estas tendencias requiere una acción explícita en el aspecto organizativo.

Aunque las distintas actividades se pueden y deben realizar combinando agrupaciones diversas, para el buen funcionamiento de la clase es necesario que exista una estructura básica formada por pequeños grupos y pactada entre todos. Conviene que estos grupos sean heterogéneos para favorecer la cooperación. El número de componentes no debería pasar de 4, porque, de otra forma, es difícil evitar la marginación de alguno de sus miembros.

Una buena práctica consiste en organizar los grupos ya el primer día de clase, para favorecer que desde el inicio se institucionalicen relaciones favorables al aprendizaje. Las agrupaciones deberán ser pactadas, es decir, se tendrán en cuenta las opiniones del alumnado, pero también las del profesor o profesora. Algunas condiciones para la formación de los grupos serían que en el grupo haya:

- Alumnos con distintas aptitudes.
- Chicos y chicas mezclados.
- Algún alumno o alumna con capacidad de liderazgo (pero no más de uno).
- No más de un componente con problemas de comportamiento.

Si se negocian los criterios con los alumnos, ellos mismos pueden organizarse. Generalmente, llegan a acuerdos sin necesitar la mediación del profesor, pero es habitual que unos pocos estudiantes queden marginados porque ningún grupo los acoge inicialmente. En estos casos, es importante negociar en particular con uno de los equipos ya formados la inclusión de un nuevo miembro, aunque sea a costa de elevar el número de sus componentes. Para el profesorado puede ser útil conocer las características de la clase a través de un *sociograma* (véase la figura 12.1) y así poder predecir en qué grupo podrá ser mejor aceptado el alumno rechazado.

Cuando no se conoce a los estudiantes y/o no se conocen entre ellos, también se pueden proponer distribuciones utilizando algún criterio no habitual en las situaciones de clase. Por ejemplo, según el orden alfabético, el mes de nacimiento, etc. Este tipo de agrupación es, evidentemente, provisional, pero facilita que se conozcan entre sí estudiantes que de otra forma no se interrelacionarían fácilmente.

En cualquier caso, es importante estimular la cohesión del grupo. Se puede promover que encuentren y expresen verbalmente intereses o características comunes, que se organicen distribuyendo las tareas y, sobre todo, que expliciten los compromisos en relación con la ayuda que están dispuestos a prestarse mutuamente y con el método de trabajo. Esta explicitación se puede llevar a cabo a través de contratos escritos (véanse los cuadros 12.2 y 12.3).

Es importante que queden bien definidas las responsabilidades de cada miembro del grupo. Las funciones habituales son las siguientes:

- *Portavoz:* responsable de comunicar al conjunto de la clase los acuerdos o conclusiones a las que llega el grupo.
- *Secretario/a:* responsable de poner por escrito las conclusiones a las que llega el grupo.
- *Planificador/a:* responsable de organizar el trabajo y controlar el tiempo y que cada miembro del grupo responda de acuerdo con sus compromisos.
- *Responsable del material:* encargado de prever, distribuir y recoger el material necesario para la realización de las actividades, tanto las realizadas en el laboratorio como otras.

Estas responsabilidades deben variar a lo largo del curso para que cada estudiante asuma una de ellas alguna vez.

En general, los grupos acostumbran a ser bastante estables durante el año escolar, aunque en cada clase suele haber uno o dos que no funcionan adecuadamente debido a que sus integrantes no consiguen establecer relaciones de cooperación. En estos casos, el profesorado puede pactar cambios en los grupos. Como con frecuencia los otros equipos han establecido lazos que no quieren romper, es mejor distribuir los miembros del grupo-problema entre el resto de los equipos sin rehacer toda la organización de la clase. Se suele aceptar más fácilmente la integración de un nuevo miembro en el grupo que la separación de uno de los componentes.

Debido a las dinámicas propias de cada grupo, hay clases en las que no se consigue promover el trabajo cooperativo, aunque los profesores lo estimulen con convencimiento. En estos casos, acostumbra a ser conveniente, si es posible, redistribuir a los alumnos entre otros grupo-clase. No hay nada peor para el funcionamiento de una clase que tener la etiqueta de "mala" o "problemática", por lo que es mejor ensayar soluciones radicales.

C) Relación entre el trabajo individual y el trabajo en grupo

Desde la perspectiva del aprendizaje cooperativo, el trabajo en grupo sólo puede tener lugar a partir de las aportaciones individuales de todos los miembros que son analizadas y discutidas. Si la actividad conjunta se reduce a repartir una determinada tarea en partes y a distribuirlas entre los miembros del grupo, no se dará una construcción social del conocimiento, ya que en todo caso habrá sólo una suma de saberes individuales.

Para que tenga lugar esta construcción es necesario que cada componente haya reflexionado previamente sobre la tarea a realizar y haya verbalizado su propio pun-

to de vista. Sin este paso previo no puede haber trabajo en grupo, ya que el estudiante que no ha pensado sobre el problema no puede participar en la discusión y su papel se reducirá a copiar las soluciones que aporten los demás.

Al mismo tiempo, es importante que, después de la reconstrucción de la tarea en grupo, cada estudiante tenga un nuevo espacio de reelaboración personal, para encontrar las propias formas de expresión.

Por ello, es importante que en la secuencia de enseñanza/aprendizaje se programen momentos de trabajo individual combinados con los de trabajo en grupo. Un ejemplo de este tipo de secuencias es el siguiente:

- **Realización individual de la tarea propuesta.** En algunos casos puede ser una actividad a realizar en casa; en otros, se pueden dedicar unos pocos minutos de la clase a pensar y escribir individualmente sobre el tema. No es tan importante que la actividad se haga bien y se termine, como que se haya empezado a pensar sobre ella.

  Si la pregunta o problema se plantea directamente al grupo, se delegan funciones automáticamente y unos serán los que piensan, mientras que otros se limitarán a copiar. La mayoría de alumnos necesita tiempo para concretar su forma de ver la tarea y, si no se les fuerza a ello, acostumbran a esperar que otros piensen por ellos o a que se les dé la solución. En cambio, si han tenido la ocasión de reflexionar sobre cuáles son sus propias ideas o sobre qué harían para realizar la actividad, pueden participar en el intercambio de pareceres y plantear sus dudas, contrastarlas y regularlas.

  Se puede estimular la realización del trabajo individual previo no dejando que se empiece a realizar el trabajo en grupo hasta que todos los miembros lo hayan llevado a cabo, y también condicionando la nota del trabajo colectivo a su realización (pero no a su calidad, ya que entonces se favorecería la copia).
- **Reelaboración de la tarea en pequeño grupo a partir de las producciones aportadas por cada uno de sus miembros.** En esta fase los estudiantes comparan sus producciones, las discuten y toman decisiones sobre cuál es la mejor solución. La finalidad es llegar a consensuar una producción del grupo. Es importante fijar el tiempo de intercambio, que no ha de ser muy largo.

  Los estudiantes no están habituados a este tipo de trabajo y tienden a seguir la llamada "ley del mínimo esfuerzo". En general, como los roles de los diferentes componentes de cada grupo están bien establecidos, se suele esperar que la producción del alumno o alumna que acostumbra a obtener mejores resultados sea la correcta, y entonces los otros miembros no se consideran capaces de hacer aportaciones válidas o útiles para el grupo. Generalmente, es necesario pactar nuevas reglas de funcionamiento hasta conse-

guir que interioricen sistemas de trabajo cooperativos. Por ejemplo, con la norma de que un trabajo en grupo sólo se valorará (en la nota) si cada uno de los miembros puede indicar alguna aportación al mismo, aunque sea muy pequeña. Las reglas serían que "nadie puede decir que no es capaz de aprender nada de los compañeros" y "nadie puede decir que no es capaz de aportar nada al grupo".

Todo ello es, necesariamente, un trabajo lento en el que deben vencerse resistencias y hábitos de comportamiento muy arraigados. Pero, a largo plazo, los resultados son mucho mejores. Además, si todo el equipo de profesores de un centro persigue los mismos objetivos, el proceso es mucho más rápido.

- **Puesta en común de los trabajos de los pequeños grupos.** Suele ser interesante favorecer la comunicación entre los equipos para que los estudiantes identifiquen diferentes maneras de realizar la tarea, explicar un fenómeno, etc. En algunos casos se puede llegar a una producción única del grupo-clase, y en otros sólo se anima a mejorar la propia tarea. La necesidad de defender el trabajo del grupo en el momento de su confrontación con el de otros es una motivación para que la realización sea más reflexionada y justificada.

  Es importante que la puesta en común sea dinámica y no se alargue demasiado. Puede favorecerse la comunicación utilizando pósters, transparencias elaboradas por el propio alumnado, etc.
- **Reelaboración individual.** En muchos casos, es importante que cada estudiante elabore su propia síntesis del trabajo realizado. Muchas veces en la producción del grupo, debido a la negociación que lleva al consenso, se omiten aspectos válidos de producciones individuales que se pueden recuperar en la reelaboración final. Pero, al mismo tiempo, se pueden incorporar ideas de los compañeros de grupo y otras que hayan aparecido en la discusión en gran grupo.

  Esta reelaboración es especialmente necesaria cuando se trata de conocimientos que el profesorado valora que es necesario recordar o que son básicos para otros aprendizajes.

El siguiente ejemplo (figuras 12.2 y 12.3) recoge la elaboración de un mapa conceptual a partir de las producciones individuales de los tres miembros de un grupo. Se pueden comprobar las mejoras introducidas a partir de las aportaciones de cada uno. Mientras los alumnos discuten cómo realizar el mapa de grupo, el profesor o profesora puede ayudar a identificar errores o aspectos no resueltos suficientemente bien y plantear interrogantes ("¿Este gráfico es un buen ejemplo de ...?", ¿no os parece demasiado lineal este mapa?"), o sugerir cambios concretos. En otros casos, a partir de la discusión el objetivo puede ser que cada estudiante reelabore su mapa.

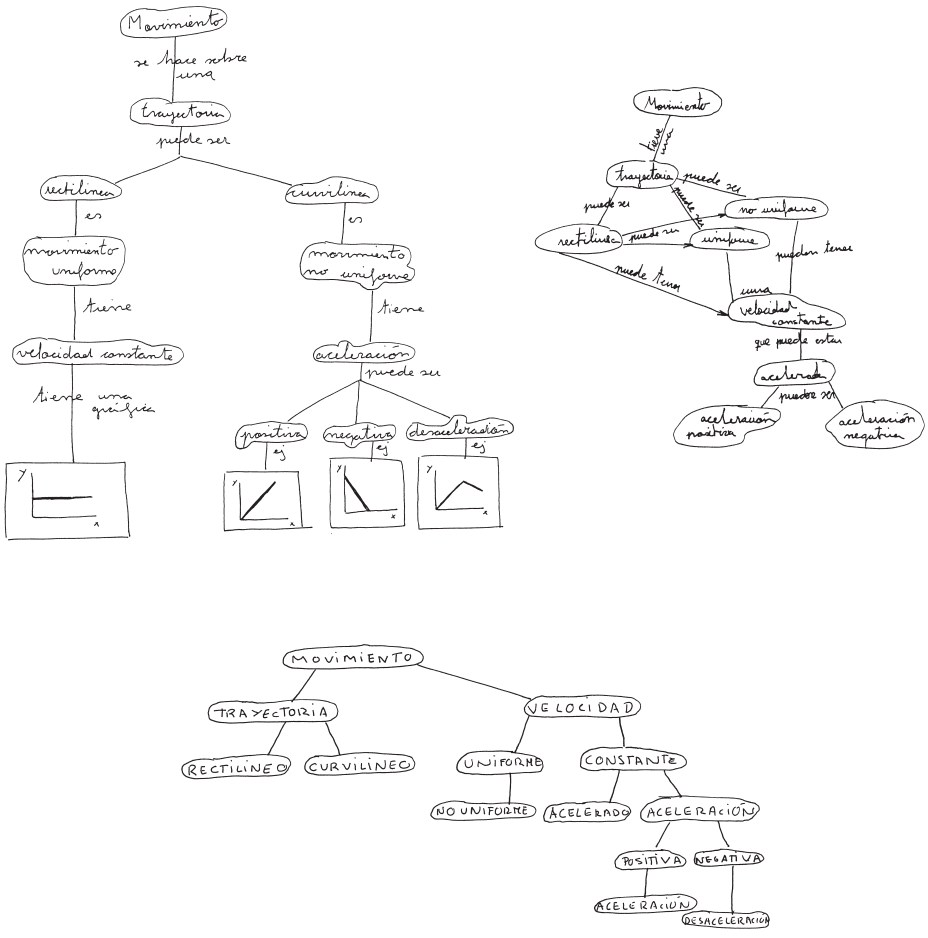


Figura 12.2. Mapas conceptuales elaborados por cada uno de los miembros del grupo. *Fuente:* N. Escofet, IESM Juan de la Cierva, 1993.

No es necesario llevar a cabo las 4 fases en todas las actividades, ya que pueden requerir demasiado tiempo. En algunos casos pueden expresar sólo oralmente las ideas o los acuerdos del grupo, sin escribirlos. En otros, puede suprimirse la fase de la puesta en común en gran grupo o la reelaboración individual. Pero no debe olvidarse que, si el aprendizaje realizado es significativo, el tiempo aparentemente perdido es tiempo ganado, porque que no se deberá repetir su estudio en otra ocasión cuando los conocimientos sean necesarios para nuevos aprendizajes.

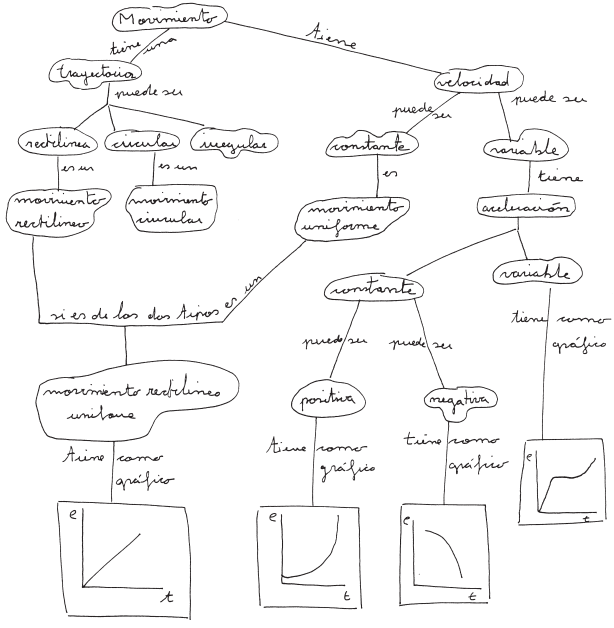


Figura 12.3. Mapa conceptual elaborado por el grupo cooperativamente.
Fuente: N. Escofet, IESM Juan de la Cierva, 1993.

12.1.3. Las interacciones profesor-alumno en gran grupo

Uno de los aspectos que más preocupa al profesorado es la gestión y el control del grupo-clase. A menudo los alumnos hablan todos al mismo tiempo o cuando no es el momento adecuado, se mueven de su sitio, se pelean con compañeros, no hacen los deberes ni las tareas solicitadas, no son puntuales...

No hay duda de que saber conducir una clase de forma que se promueva la participación de todos los alumnos depende en buena parte del "arte" de cada profesor, de su empatía y de su capacidad para anticipar los problemas, pero estas cualidades también se pueden desarrollar. A menudo se aprenden a través de la propia experiencia y es bien sabido que el primer año de ejercicio de la profesión suele ser el más difícil, debido a que no se tienen conocimientos prácticos que permitan predecir los problemas y tomar decisiones rápidas para darles respuesta.

Pero, actualmente, las dificultades que generan los grupos de alumnos con gran diversidad de actitudes y aptitudes no se resuelven solamente a partir de la experiencia como fuente de conocimiento (aunque ésta sin duda es imprescindible). Hay cada vez más saberes en relación con este campo que son necesarios para ejercer la profe-

sión con más probabilidades de éxito. En este apartado analizaremos algunos aspectos a tener en cuenta en relación con la gestión y control de las interacciones en distintos momentos de la actividad escolar.

a) En la planificación y preparación.
b) Al inicio.
c) Durante la actividad.
d) Al final.

A) En la planificación y preparación

Es importante planificar qué se va a decir y cómo, anticipando las posibles dificultades que se puedan presentar. Algunas ideas útiles son:

- Preparar argumentos para justificar por qué el problema que se va a plantear a los alumnos para su estudio es relevante. Pensar preguntas que puedan despertar la curiosidad, la imaginación y el establecimiento de relaciones, ejemplos de la vida cotidiana con los que conectar el tema... Prever también qué dificultades de aprendizaje pueden surgir y pensar en analogías y otras estrategias que puedan ayudar a la construcción de las ideas. No se puede dejar todo ello a la propia capacidad de improvisación.
- La estructura de cada clase ha de ser clara. Los alumnos han de saber qué van a hacer y *por qué*. El tiempo dedicado a cada actividad también ha de estar fijado y comunicado y, generalmente, se ha de procurar que se cumpla lo previsto, aunque ello implique que no todos los alumnos acaben las tareas a realizar (se han de buscar otros mecanismos para su finalización, fuera del horario de clase o diferenciando actividades posteriores).
- Preparar todos los materiales necesarios y prever formas organizativas que faciliten su distribución y recogida. Por ejemplo, es mejor que los alumnos se encuentren todo el material necesario en su mesa que perder tiempo –que además es fuente de desorden– en repartirlo. Si la clase está organizada en grupos, uno de sus componentes puede tener como función ayudar al profesorado en esta tarea. Incluso puede pedirse su colaboración antes de la clase.
- Procurar que las actividades sean variadas e interesantes y que no sean muy largas. Habitualmente, una explicación no puede durar más de 15 minutos y tampoco se puede ocupar toda una clase resolviendo problemas, contestando preguntas o viendo diapositivas o un vídeo. Es importante planificar las actividades de forma que los alumnos tengan siempre algo que hacer, que estén activos. Incluso, cuando se pretenda que oigan una explicación, prever qué deben hacer mientras escuchan.

- Practicar los experimentos antes de realizarlos en clase, resolver los ejercicios y problemas e incluso planificar qué se escribirá en la pizarra. Tratar de anticipar las posibles dificultades de todo tipo que pueden surgir (de organización, o en relación a los procedimientos, conceptos o actitudes implicados en la actividad) y planificar posibles maneras de dar respuesta a estas dificultades.
- Prever materiales didácticos complementarios para los alumnos más rápidos. Uno de los problemas que conlleva la gestión de una clase con diversidad de alumnos es que tienen ritmos de trabajo muy distintos. Por ello, será importante preparar actividades que algunos puedan realizar de forma autónoma. Estas actividades habrán de despertar su interés y se deberán justificar, ya que en caso contrario la mayoría no se comprometerá en su realización. Se puede pensar en ejercicios complementarios que representen retos, lecturas, trabajos mediados por el ordenador, y también en tareas de ayuda a compañeros con más dificultades.
- Planificar bien la distribución de las mesas y de los grupos para promover su cohesión y el trabajo colectivo. Pensar en distribuciones distintas en función de la tarea. Si se hubiera de cambiar la distribución de las mesas, ya sea para realizar un trabajo en equipo, una puesta en común en círculo o trabajo por parejas, hay que procurar hacerlo con antelación. Se puede contar con la colaboración de algunos de los alumnos a los que responsabilizar previamente de la tarea. Si se han de hacer los cambios a lo largo de la sesión de clase, conviene prever muy bien cómo comunicar las normas de actuación.
- Promover una buena ambientación del aula, la distribución de carteles sobre los temas de trabajo y de los murales, maquetas u otras producciones de los alumnos, y lugares para situar noticias de interés y para recordar normas. No se debe olvidar que también se capta información a través de la vista, y que un ambiente de trabajo limpio, ordenado y estimulante favorece el deseo de aprender, mientras que una clase sucia y con paredes vacías o con grafitos transmite implícitamente actitudes contrarias.
- Escoger las actividades a realizar teniendo en cuenta factores como el día de la semana y la hora en la que está programada la clase o las características del grupo. No permite lo mismo una clase el lunes a primera hora de la mañana que otra a última hora del viernes. También hay grupos incapaces de estar mucho rato sentados, mientras que otros son más tranquilos. En las situaciones difíciles, es útil tener previstas actividades motivadoras, en las que los alumnos estén ocupados todo el tiempo realizando observaciones, manipulando objetos, resumiendo procesos o ideas a través de murales... En cambio, para los momentos más relajados, se pueden planificar actividades que requieran un mayor grado de abstracción.

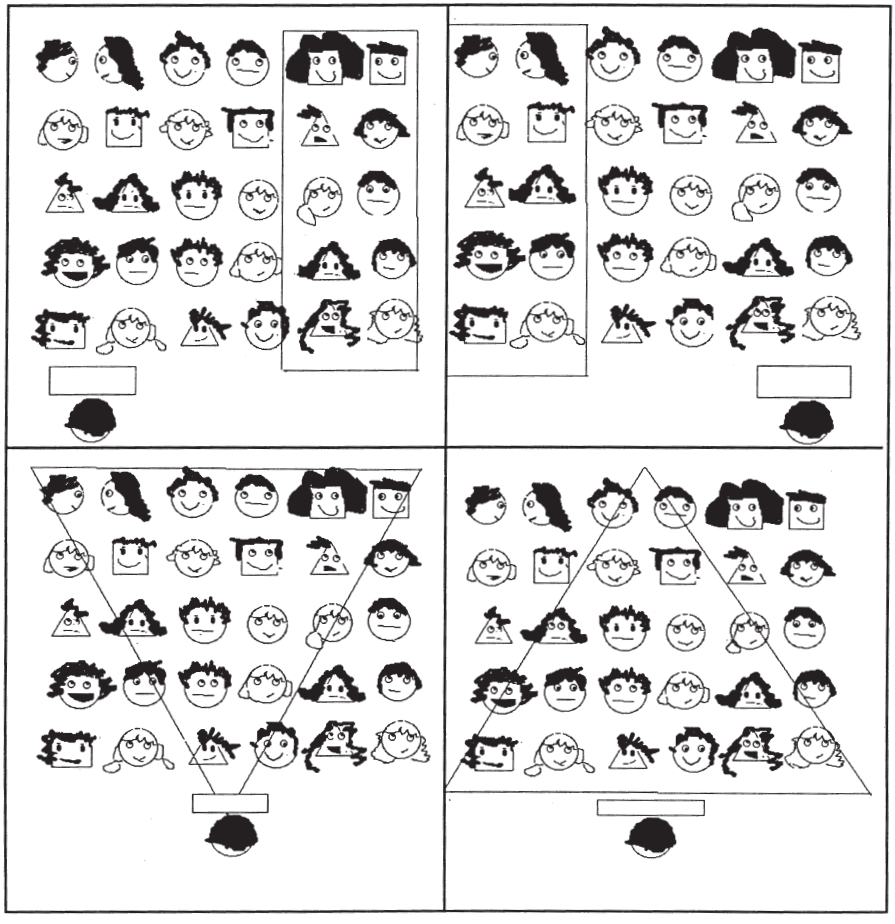
Planificar y prever no está en contradicción con saber improvisar cuando la situación lo requiera. Los que enseñan han de ser capaces de renunciar en un momento determinado a la programación prevista y tratar otros temas, ya sea porque se constata que los intereses de los alumnos son otros, ya sea porque haya que afrontar la resolución de algún conflicto. Factores como el tiempo atmosférico, el cansancio de los alumnos, el propio estado anímico del profesor o profesora, un hecho extraordinario que haya sucedido en el mundo o en la escuela, etc. pueden ser motivo de un cambio en la planificación, y generalmente lo son. Pero cuanta mayor práctica se tiene en planificar y anticipar, más se es capaz de improvisar.

B) Al inicio de una sesión de trabajo

Los primeros minutos de una clase son los más importantes, porque en ellos se concretan las expectativas de los alumnos sobre qué se va a aprender y cómo. Algunas prácticas a tener en cuenta son:

- Ya en el momento de entrar en la clase, intervenir con la finalidad de cohesionar el grupo y de obtener su complicidad en relación con el trabajo a realizar. En primer lugar, será necesario conseguir silencio y que cada alumno se sitúe en su lugar de trabajo. A menudo se consigue más fácilmente con la propia presencia y con la mirada que con la palabra o con amenazas de castigos. Se favorece si se está en la puerta mientras los alumnos entran en la clase o si se llega puntualmente. También se puede caminar a través de las mesas, haciendo comentarios a algunos alumnos en particular, y es mejor sonreír que aparecer malhumorado.
- Comunicar una visión *global* del trabajo a realizar en la sesión de trabajo y del *porqué*. Los alumnos han de poder representarse qué se espera de ellos y encontrarle sentido. Como se ha indicado, es conveniente plantear un problema que represente un reto, algo que no se conozca pero que se perciba como alcanzable e interesante. También es necesario considerar como normales y propias de los adolescentes las manifestaciones verbales de rechazo a las propuestas del profesorado y no dejarse influir por ellas.
- Indicar también las normas de trabajo (que deberían ser coherentes con las acordadas con el resto del profesorado del centro), justificarlas y, si fuera necesario, negociarlas. Los alumnos han de "notar" que el profesorado se las cree y está convencido de que todos pueden aprender si las aplican. Insistir en argumentos positivos y utilizar los castigos sólo como algo excepcional, porque, cuando el castigo es la norma, pierde toda su utilidad.
- Hablar claramente, ni muy deprisa ni muy despacio, y desplazando la vista por todos los alumnos. Procurar reconocer la propia tendencia en la orientación de

la mirada, para intentar compensarla (figura 12.4). Gesticular adecuadamente y comunicar entusiasmo y convencimiento de que el tema y las actividades a realizar van a interesarles.



Cada enseñante tiende a mirar a unos determinados alumnos, en función de su posición en el aula. Los que quedan más lejos de su mirada, suelen estar más distraídos, no participan en los debates e incluso se comportan peor.

Figura 12.4. Patrones de contacto visual.
Fuente: Sands, M. K. y Hull, R. (1985): *Teaching Science*. Universidad de Nottingham, G. B.

- Si se plantean preguntas iniciales para identificar las ideas o intereses de los alumnos, proponer reglas para responder: levantar la mano, no decir tonterías... Procurar no preguntar siempre a los mismos alumnos, alternar chicos y chicas, y no desvalorizar ninguna opinión, aunque no sea correcta.

C) Durante la realización de las actividades

A lo largo de una sesión de clase se ha de poder mantener un ritmo de trabajo y una calidad en los distintos tipos de interacciones. Aspectos a tener en cuenta son:

- Organizar la transición entre las actividades. Al empezar cada una, recordar claramente su finalidad y relacionarla con lo que se ha dicho en la introducción y con lo realizado en la actividad anterior. Ha de quedar bien definido lo que han de hacer y cómo. Recordar también las normas de trabajo, anticipando posibles problemas pero sin dramatizarlos.
- Favorecer la comunicación, dando tiempo para pensar y expresar las ideas. Los alumnos aprenden más cuando se les deja un tiempo para que piensen sus respuestas a las preguntas, tanto a las que el profesor plantea al grupo, como las que los alumnos formulan al profesor, o bien en las actividades a realizar en pequeño grupo. Si no hay estos espacios de tiempo para pensar individualmente no puede haber interacción entre las diversas formas de pensar. Y dar respuestas rápidas, tanto por el profesorado como por el alumnado, sólo promueve que piensen algunos y que los demás esperen a que alguien dé la respuesta "correcta" para copiarla y memorizarla (cuadro 12.4).

Cuadro 12.4. *Efectos de un tiempo de espera antes de responder a una pregunta.*

Mary Budd Rowe, coordinadora del centro experimental del programa de enseñanza de las Ciencias SCIS en Nueva York, descubrió durante sus observaciones en clase que muchos profesores no dejaban más de un segundo a un alumno para que comenzara a contestar la pregunta que le habían realizado. Sólo los estudiantes más rápidos podían responder en este breve intervalo y sus respuestas eran, en general, breves y superficiales. Este ritmo rápido es inadecuado para profesores que deseen estimular el trabajo de búsqueda personal. Los alumnos deben tener tiempo para observar los fenómenos experimentales y encontrar por ellos mismos las respuestas a las preguntas (y no leerlas en el rostro del profesor). Los alumnos tienen que escuchar las ideas de otros compañeros y compararlas con las suyas propias. El pensamiento crítico requiere tiempo para considerar otras opciones y los posibles errores.

En las investigaciones de Rowe, los profesores aumentaron su tiempo de espera –el tiempo transcurrido antes de volver a hablar– hasta cinco o diez segundos, con el fin de dejar que el alumno reaccione; también prolongaron el intervalo de tiempo tras la respuesta de un alumno o alumna antes de emitir un juicio. Los resultados fueron espectaculares: los alumnos expre-

(.../...)

saban sus pensamientos en frases completas en lugar de palabras sueltas; especulaban sobre posibilidades en lugar de limitarse a los simples hechos; la confianza en sí mismos crecía y aducían pruebas para justificar sus respuestas. Durante los segundos de silencio tras la respuesta de un alumno, sus compañeros expresaban a menudo ideas coincidentes e incluso llegaban a hacerse preguntas entre ellos. Muchos de los que antes habían permanecido en silencio participaban ahora. El ritmo más lento de la discusión permitía incluso a los profesores formular con mayor reflexión sus preguntas y comentarios. Es notable que unos segundos de tiempo de espera puedan tener tal efecto.

Fuente: Karplus, R. (1978): "La enseñanza de las Ciencias a los alumnos jóvenes". *Perspectivas,* 8(1).

- Dar oportunidades para que los alumnos planteen preguntas y respuestas divergentes. Lo importante es recoger sus intereses e intentar relacionarlos con el tema objeto de estudio, aunque la relación sea lejana. De la misma forma, hay que reconocer cuándo conviene no prolongar más una actividad o el estudio de un tema, ya sea porque los alumnos están cansados, ya sea porque queda lejos de sus intereses o capacidades. No se puede pretender enseñar algo sólo porque así se ha programado.
- Ante las preguntas de los alumnos hay que evitar dar respuestas con la "verdad". Es preferible contestar con otra pregunta o promover que sea el grupo quien responda, para estimular la reflexión sobre las propias ideas. Tampoco es conveniente improvisar respuestas ante preguntas de los alumnos. Si no se sabe algo y la pregunta es interesante, es bueno animar a la búsqueda en libros o a través de Internet y, en la clase siguiente, analizar la información encontrada para ayudar a transformarla en conocimiento.
- Mientras los alumnos trabajan en equipos, cuando se dialoga en gran grupo, e incluso en las explicaciones magistrales, es conveniente caminar por la clase y situarse entre las mesas. Cuando se pide a algún alumno que explique algo a los compañeros, o en las puestas en común de los trabajos realizados en grupo, es mejor situarse entre los alumnos y otorgar el lugar del profesorado a los que hablan. Es importante que se reconozca que cualquier espacio del aula es de todos y los alumnos han de poder experimentar momentos en los que el profesorado los atiende en particular. Esta percepción la recoge una alumna de 2.º de ESO en su diario:

> Hoy la clase ha sido muy interesante. Hemos discutido preguntas sobre separación de mezclas y hemos visto las diferencias y cómo conseguir agua transparente, agua pura y agua potable. V. [se refiere a *la* profesora] cuando ha pasado por el grupo me ha dicho que lo estaba haciendo bien. Ha escogido mi respuesta para decirla a los demás. Creo que lo estoy entendiendo bien.

- Conocer el nombre de todos los alumnos y dirigirse a ellos utilizándolo. Evitar dar valoraciones negativas en el marco del gran grupo. La mayoría de las veces expresiones como: "lo que dices está fuera de lugar", "no has estudiado", "no estás escuchando", "ni te has enterado", "¿eres tonto?"..., desmoralizan y no promueven ni la reflexión sobre las propias ideas ni el interés por aprender.
- Cuando un alumno no quiere realizar una actividad o se comporta inadecuadamente se recomienda pedirle, en primer lugar, que reflexione sobre ello y, en todo caso, evitar la confrontación directa en el marco de la clase. Cuando se está en gran grupo, es mejor utilizar técnicas tendentes a descentralizar el problema –cambiando al alumno de lugar, no dando relevancia a su actuación, proponiéndole otra tarea...– y, en cambio, al final de la clase hablar personalmente con él, analizando conjuntamente las posibles causas del problema y las formas de afrontarlo e, incluso, negociando las posibles sanciones (véase el cuadro 12.9). Esta valoración se debe hacer inmediatamente o muy poco tiempo después del conflicto.
- Cuando se considera que los problemas son del grupo-clase en conjunto, hay que afrontar rápidamente la reflexión y la discusión de forma colectiva, no dejando que el problema se agrande y deteriore. Es importante conseguir la complicidad del grupo en la resolución del conflicto. Aunque es bien sabido que hay situaciones de difícil solución y que cada caso requiere actuaciones diversas, es necesario evitar que se produzcan confrontaciones entre el profesor y el grupo-clase en conjunto. El profesor ha de mostrarse como persona que ayuda y facilita la resolución de los conflictos, pero han de ser los propios alumnos los que han de darles respuesta.
- Una vez tomada una decisión, se ha de ser consecuente y exigente en su aplicación. Los alumnos han de poder comprobar que, si algo se aprueba, después se lleva a la práctica. Las decisiones se pueden revisar periódicamente pero no cada día.

D) Al final

El final de la clase es el momento de sintetizar lo hecho y abrir nuevas expectativas de futuro. No se ha de esperar que suene el timbre para dar las últimas orientaciones y, en cambio, es recomendable:

- Planificar cómo se va a recoger lo trabajado en clase y cómo promover la toma de conciencia de lo aprendido. Hay profesores que proponen en los últimos minutos la realización del diario de clase, otros hacen ellos mismos el resumen a partir de plantear preguntas-clave, recogiendo y transformando las respuestas que

dan los alumnos, otros sugieren la lectura del texto del libro y ayudan a establecer las conexiones con lo trabajado, etc. En cualquier caso, se ha de pensar qué es lo que le quedará escrito al alumno como resumen de lo que se ha hecho.

- Dar alguna pequeña tarea para hacer en casa, que habrá de ser estimulante. Puede consistir en ver un programa de TV, leer una parte de un libro o una noticia de un periódico o revista científica, realizar una búsqueda en Internet, construir algún objeto, realizar un experimento casero, pensar en preguntas sobre el tema del próximo día, realizar ejercicios para discutirlos cooperativamente en el grupo en la próxima clase, etc. En algunos casos también se puede proponer la realización de ejercicios y problemas más rutinarios, pero será difícil conseguir que la mayoría de alumnos los realicen.
- Dar alguna pista sobre el trabajo del próximo día para promover su interés y que entre clase y clase ya vayan pensando en ello. Se puede plantear un reto o una adivinanza, anunciar un fenómeno que habrán de saber explicar, un experimento que se realizará u otra actividad, etc.
- Promover un sistema de autocontrol del trabajo dentro del propio pequeño grupo. Uno de los alumnos puede tener esta tarea (véase el cuadro 11.13).
- Controlar que la clase o el laboratorio queda ordenado y limpio, y que no falta ningún material. De nuevo se puede contar con la colaboración de un alumno por grupo que tenga esta función.
- Mientras los alumnos van saliendo de la clase (o recogen sus papeles), dirigirse individualmente a algunos de ellos remarcando alguna cosa que hayan hecho bien (tu pregunta fue interesante, hoy has trabajado, creo que estás aprendiendo, has ayudado muy bien a tus compañeros, vuestro equipo funciona, etc.). Será especialmente importante, en el caso de los alumnos con dificultades de aprendizaje o de comportamiento, identificar pequeñas conductas que se puedan seleccionar como potencialmente interesantes para el aprendizaje.
- En otros momentos, por ejemplo mientras los alumnos realizan su diario, anotar qué aspectos de la planificación han "funcionado" y cuáles sería conveniente revisar cuando se vuelva a repetir la enseñanza del tema.

12.2 ¿Cómo atender a la diversidad del alumnado?

No hay duda de que, ante un mismo proceso de enseñanza, no todos los alumnos están igualmente interesados, ni progresan al mismo ritmo ni de la misma forma. Es de todos conocida la dificultad para atender a la gran variedad de problemáticas que se dan en el aula. Un respuesta efectiva a las necesidades de todos y cada uno de los componentes de un grupo-clase solamente se puede conseguir profundizando en:

- La organización del centro escolar y, en especial, del equipo de docentes.
- La acción tutorial.
- El desarrollo curricular.
- La gestión del aula.

La educación científica, el qué enseñar, el cuándo, el cómo y la evaluación están condicionados por dichos aspectos, aunque no hay duda de que los dos últimos, desarrollo curricular y gestión del aula, son los más específicos. Conciliar la democratización de la enseñanza y la calidad en los aprendizajes sólo será posible si en el diseño de las U. D. se prevé la aplicación de un currículo y de unas formas organizativas que posibiliten dar respuesta a las necesidades de todo tipo de alumnos.

El reto de un profesor de Ciencias en la sociedad actual es conseguir que la diversidad se pueda aprovechar para favorecer el aprendizaje de cada alumno en vez de ser un obstáculo para algunos de ellos.

Aunque no existen propuestas de fácil aplicación, ni mucho menos recetas válidas para cualquier situación, no hay duda de que hay unas formas de organizar y diferenciar el currículo de un grupo-clase que promueven más que otras el interés y la interacción entre el alumnado y, en general, el aprendizaje de todos.

Es cierto que las causas primeras del fracaso escolar las encontramos en variables sobre las que la escuela no puede incidir, ya sean debidas al entorno social del alumnado (por ejemplo, el nivel sociocultural de la familia, los problemas laborales o el divorcio de los padres, los valores promovidos a través de los medios de comunicación, etc.), ya sea las debidas al propio alumno (niveles de inteligencia y de capacidad de razonamiento bajos). Pero también es cierto que la escuela aún sabe muy poco sobre cómo dar respuesta a su posible función compensatoria de estas desigualdades y que se pueden encontrar causas del fracaso escolar en la propia programación de los objetos de aprendizaje y de las actividades de enseñanza, o en la forma de gestionar el aula y la escuela.

Muchas veces se piensa que la atención a los alumnos con dificultades la debe realizar distintos tipos de "especialistas". Esta tendencia conlleva, como ya se detectó en algunos países, que haya más alumnos en aulas de educación especial que en las clases *normales,* dado que se estima que en los países occidentales sólo entre un 30% y un 40% de alumnos parten de condiciones mínimas que puedan garantizar a priori un buen aprendizaje. Sin negar la importancia de los especialistas en problemas escolares y de la necesidad de trabajar en equipo con ellos, no hay duda de que el reto de educar científicamente a la población corresponde a los profesores de Ciencias.

Las respuestas al problema se deben buscar y encontrar en el marco del ejercicio de la profesión, que no hay duda de que ha cambiado radicalmente. Si antes los objetivos básicos se relacionaban con la transmisión de información, ahora se relacionan con la educación en general y la educación científica en particular. Si antes se trata-

ba de organizar bien un discurso en función de la lógica de la disciplina, ahora se trata de organizar bien un conjunto de actividades en función de la lógica de los alumnos y de la relevancia social del contenido que se pretende enseñar. Si antes la finalidad era la selección de los mejores, ahora es el aprendizaje de todos.

Ello comporta que toda propuesta de solución del problema debe partir de los condicionantes sociales de los alumnos, sus intereses y sus capacidades, la televisión que hay y la música que escuchan. No es una solución pensar en la posibilidad de cambiar su familia, sus amigos, el sistema político o la TV (aunque desde la esfera no profesional se lleven a cabo actuaciones con esta finalidad). Pero, en cambio, la escuela puede y debe pensar en cómo cambia ella para, partiendo de los condicionantes, dar respuesta a sus finalidades.

En los siguientes apartados se analizan ideas y prácticas que, desde la enseñanza de las Ciencias, se han generado para atender a las distintas *diversidades* que hay en una aula. En especial en relación con las siguientes:

a) Diversidad de intereses y de motivación.
b) Diversidad de niveles y ritmos de aprendizaje.
c) Diversidad de género.

12.2.1. La diversidad de intereses y de motivación hacia el aprendizaje

Mucho se habla de la motivación como uno de los problemas más importantes en el aprendizaje de las Ciencias. A veces se piensa sólo en la motivación externa pero no hay duda de que, cuando un estudiante se da cuenta de que aprende, está más motivado hacia el aprendizaje que uno que fracasa. Pero también sucede que no todo el alumnado se acerca a la escuela con los mismos condicionantes sociales y, si para unos aprender es una necesidad, para otros es sólo una obligación impuesta.

Tener en cuenta la motivación para el aprendizaje de las Ciencias es considerar aspectos muy diferenciados, tanto los referidos a los contenidos que se les propone aprender o a las actividades, como a la imagen que tienen de sí mismos, sus estilos de aprendizaje, etc. Algunas ideas y prácticas posibles son:

- *Relacionar los contenidos curriculares con los intereses del alumnado y con los hechos de la vida cotidiana*. En esta línea se han generado los currículos que interrelacionan aspectos de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y/o que parten del estudio de problemáticas ambientales o relacionadas con la salud.

  A menudo implica afrontar el estudio de forma *interdisciplinar*. Por ejemplo, la Química tendrá más sentido si se refiere al estudio de los cambios en

los materiales del cuerpo humano al comer, respirar, relacionarse o reproducirse, del medio ambiente o de los que utilizamos para vestirnos, escuchar música o hacer deporte. También es importante recoger temas de discusión pública como, por ejemplo, los posibles efectos en el medio del uranio empobrecido, del carbunco o de los alimentos transgénicos. Consecuentemente, se necesita una actualización científica constante para poder relacionar el aprendizaje de los modelos de la ciencia con los hechos que suceden en nuestro entorno.

La contextualización de los temas de estudio también se relaciona con la forma de secuenciar los contenidos, ya que será conveniente empezar la secuencia de aprendizaje por aquellos conceptos que más se relacionen con los intereses del alumnado y no tanto desde la lógica de la disciplina. Por ejemplo, conceptos como el de gravedad o de caída libre se pueden introducir al final del estudio de una unidad sobre "Cohetes y satélites", mientras que al inicio se pueden enseñar otros conceptos como el de *propulsión* (véase el apartado 4.6).

En otras ocasiones será conveniente partir de los posibles intereses de los alumnos en relación con la continuación de sus estudios. Por ejemplo, en una U.D. sobre "Nutrición y dietética", se propone a los estudiantes que desarrollen proyectos en los que han de aplicar conocimientos que están aprendiendo. El cuadro 12.5 recoge ejemplos de proyectos realizados en función de un posible futuro laboral. Para llevarlos a cabo los alumnos se agrupan en función de dicho interés que, generalmente, también se relaciona con sus capacidades. Ello posibilita que el nivel exigido en cada caso sea distinto, pero que todos progresen.

Cuadro 12.5. *Ejemplos de proyectos realizados en función de intereses relacionados con futuros estudios.*

Proyectemos lo que hemos aprendido hacia el mundo laboral

El campo de la alimentación proporciona trabajo a muchos y diferentes profesionales: agricultores, trabajadores de empresas de fabricación y transformación de alimentos (pastelerías, cervecerías, fabricantes de productos lácticos, de embutidos, de bebidas...), diseñadores de envases, de campañas publicitarias, de vídeos, médicos dietistas...

Si tuvieseis que trabajar en una profesión relacionada con alguno de los campos de la alimentación, ¿cuál preferiríais?, ¿por qué?

A continuación, os presentamos en un cuadro diferentes proyectos que podéis realizar de acuerdo con vuestros intereses. Comunicadle al profesor o profesora el trabajo en el que estáis interesados.

(.../...)

Nombres alumnos/alumnas	*Intereses*	*Proyecto*
	Informática	Diseño por ordenador de paquetes para contener alimentos en los que se dé información nutricional.
	Administración Economía	Trabajo estadístico sobre hábitos alimentarios de algún sector de la población.
	Imagen Sonido Vídeo	Elaboración de un vídeo publicitario para concienciar a la población sobre buenos hábitos alimentarios.
	Industrias alimentarias Geografía	Estudio sobre las características de vinos y quesos en España.
	Dibujo Diseño Delineación	Diseño de carteles y trípticos publicitarios sobre temas alimentarios.
	Ingenierías, Ciencias	Estudio (teórico y/o experimental) del proceso de fabricación de la cerveza y de su composición.
	Salud	Investigación acerca de las enfermedades de origen alimentario más frecuentes en España.
	¿Otros?	¿…?

Fuente: Escofet *et al.* (1991): *Nutrición y dietética,* MEC. No publicado.

Cuando se habla de interés conviene distinguir entre este concepto y el de curiosidad. Esta última es efímera y desaparece rápidamente cuando se ha recibido una información superficial. En cambio, el interés promueve una tendencia a querer actuar y reflexionar que se mantiene con el tiempo. Por ejemplo, se puede tener interés por conocer el funcionamiento de máquinas e instrumentos y por su manipulación, cosa distinta a tener curiosidad en relación con saber cómo un cohete explotó. En las clases de Ciencias se puede jugar puntualmente con la curiosidad de los alumnos y alumnas, pero lo importante es reconocer sus intereses y trabajar a partir de ellos.

- *Tener en cuenta los distintos estilos de aprendizaje*. No todos los estudiantes se sienten atraídos por el mismo tipo de actividades. Hay alumnos, que podríamos llamar inductivos, para los cuales las actividades prácticas son su principal fuente de motivación y de aprendizaje. En cambio, a otros, más deductivos, no les interesa tanto la experimentación y prefieren actividades de resolución de problemas u otras en las que se deben deducir explicaciones de fenómenos. También se puede distinguir entre alumnos más holísticos, a los que les gus-

tan planteamientos globales de los contenidos, y los analíticos, que prefieren aprender paso a paso.

Al mismo tiempo se pueden identificar distintos modelos motivacionales hacia el aprendizaje de las ciencias y distinguir entre alumnas o alumnos "curiosos", "concienzudos", "sociables" y "obligados". Si en una clase sólo se hacen actividades que motivan a un tipo de ellos, es habitual que éstos sean los favorecidos, mientras que el resto se automargina. Para detectar dichos modelos motivacionales es útil aplicar el cuestionario reproducido en el cuadro 6.9.

Planificar el trabajo en el aula en función de los estilos motivacionales podría comportar la necesidad de organizar muchos currículos. Ello, además de ser imposible en la práctica, eliminaría la principal riqueza de la diversidad, como es la posibilidad de compartir e interactuar personas con capacidades, intereses y estilos distintos. Consecuentemente, más que adaptar los contenidos y los métodos a cada tipo de estudiantes, se deberían diversificar los tipos de actividades.

Los profesores tienden a enseñar en función de su propio estilo motivacional e intentan aplicar actividades que en su día les fueron útiles en su aprendizaje, con lo cual sólo favorecen al tipo de alumnos más similares a dicho estilo. Esta tendencia sólo se puede contrarrestar utilizando estrategias didácticas variadas, que respondan a motivaciones y necesidades diversas.

- *Aplicar métodos de trabajo activos y variados*. Muchos de los problemas que se dan en el aula van asociados a que las actividades a realizar son pasivas, monótonas o de elevado nivel de abstracción. No se puede esperar que todos los estudiantes estén interesados siempre en el objetivo de aprendizaje y, en cambio, es posible despertar su interés a través del planteamiento de la actividad. Un método activo no debe confundirse con un activismo no reflexivo, ni la variedad con el cambio constante sin profundizar en las ideas, pero aprender no tiene por qué ser algo aburrido ni monótono.

  Se deben cuidar especialmente las presentaciones de las hojas de trabajo, procurando que inviten a su lectura. Es conveniente atender a su grafismo, utilizando logotipos que permitan identificar tipos de actividades fácilmente e incluyendo imágenes variadas. La redacción ha de ser motivadora y los títulos sugerentes, ya que a través de ellos se comunican los objetivos. Los textos han de estar bien escritos, y conviene destacar los distintos apartados y las ideas principales usando distintos tipos de letra. También es conveniente eliminar el texto que no sea necesario y dejar espacios en blanco suficientes para las respuestas. Se debe tener en cuenta que los alumnos tienden a utilizar la mitad del espacio que se les deja para escribir: si sólo se deja una línea escriben frases muy cortas, mientras que si se deja media página tienden más a pensar en cómo llenar este espacio con sus ideas.
- *Favorecer un buen clima de clase y las interacciones cooperativas entre sus componentes*. La motivación aumenta cuando los alumnos se encuentran bien en el

grupo, hay camaradería y confianza mutua. En cambio, disminuye cuando el clima es negativo y competitivo. Contra lo que se supone, el clima de clase y el trabajo de los alumnos con problemas no se favorece mediante las notas y las valoraciones, ya que los alumnos que están acostumbrados al fracaso no se estimulan por algo de lo que no tienen experiencias positivas.

Tampoco es adecuado dar valoraciones positivas con la finalidad de animar al estudiante cuando un trabajo no está bien hecho, aunque se haya esforzado mucho para realizarlo. Es mejor ayudarle a detectar qué es lo que puede mejorar y favorecer la ayuda mutua entre todos los componentes del grupo. Lo importante es no penalizar el error y conseguir que se analice como algo totalmente normal en cualquier proceso de aprendizaje. El alumno con problemas ha de percibir que el profesorado cree firmemente que puede aprender y aportar al grupo, que tiene alguna cualidad que mostrar y de la que el resto se puede beneficiar. Y los alumnos que obtienen buenos resultados han de tomar conciencia de que pueden aprender de compañeros menos capacitados.

Muchas veces, la realización de actividades distintas a las habituales promueve el cambio en las percepciones sobre las cualidades de los componentes del grupo-clase. Por ejemplo, unas jornadas de estudio en el campo, una visita a una industria, la realización de un juego de rol o de una dramatización de una historia son actividades que pueden favorecer que se reconozcan nuevas capacidades en los compañeros. También es muy importante la realización de exposiciones finales de los trabajos realizados, en las que alumnos con diversos tipos de problemáticas puedan comprobar que también son capaces de llevar a buen término algún proyecto. Por ejemplo, se puede tener como objetivo explicar a familiares las conclusiones de los estudios realizados sobre algún problema ambiental o construir "juegos eléctricos" para que compañeros de cursos inferiores jueguen con ellos. Se trata de actividades en las que cada grupo o cada alumno puede actuar a distinto nivel pero que todos pueden llevar a cabo.

12.2.2. *Diversidad de niveles y ritmos de aprendizaje*

Ante este tipo de diversidad la solución tradicional es clasificar y separar al alumnado. Los tipos de organización más habituales consisten en repartir a los estudiantes en grupos diferenciados en una misma aula, organizar grupos-clase flexibles de estudiantes en algunas disciplinas, concentrar a los estudiantes con problemas o repetidores en cursos separados, estructurar el sistema escolar en vías diferenciadas, etc. En general, todas estas formas organizativas no solucionan el problema, sino que sitúan a los *alumnos-problema* en un espacio determinado.

No hay datos empíricos que demuestren que los resultados sean inferiores en un sistema escolar comprensivo que en uno selectivo (pero tampoco de que sean mejores). Muchos de los famosos niños superdotados que tienen dificultades de integración en las escuelas comprensivas sufren más estos problemas debido a una inteligencia emocional baja que al hecho de compartir estudios con compañeros menos capacitados.

Aun así, no hay reglas que se puedan dar sobre qué tipo de agrupación es la más adecuada, y más bien cada escuela debería poder tomar autónomamente su decisión en función de las características de sus alumnos y profesores. En algunos casos puede ser conveniente establecer una agrupación en función de los ritmos de aprendizaje para poder adaptar más fácilmente el currículo. Pero ello requiere que el profesorado comprometido en la enseñanza de los grupos con más dificultades sea muy competente, por lo que no sería una buena decisión si no hubiera nadie en un centro escolar con las capacidades necesarias. En otros casos, puede ser útil organizar grupos flexibles en alguna de las horas de clase, pero ello requiere una organización muy buena y un trabajo en equipo muy bien coordinado, debido a que un alumno puede tener dos profesores enseñándole un mismo contenido.

Las soluciones entre las que se puede escoger son:

a) Modelo 1. Se caracteriza porque el currículo de los estudiantes se organiza en dos grandes bloques: uno de ellos común y el otro diferenciado. Se pueden distinguir dos variantes (figura 12.5).

Las ventajas e inconvenientes de este submodelo 1a son:

- Si en la parte común del currículo no se tiene en cuenta la diversidad y se enseña prescindiendo de ella, los alumnos que tienen dificultades para seguir el ritmo de trabajo desde los primeros días de clase no podrán aprovechar las actividades de enseñanza que se les propongan. En consecuencia, difícilmente estarán integrados en la marcha de la clase y la mayoría de las horas de trabajo les serán poco útiles.
- Si el profesorado de las clases de refuerzo no es el mismo que el de la clase común, es difícil que pueda ayudar al alumnado a superar sus dificultades, ya que desconoce los problemas con los que se ha encontrado. En general, si las actividades de refuerzo consisten en repetir el proceso de aprendizaje realizado en la parte común del currículo, el alumno o alumna no se interesará por el porqué todo le parecerá ya estudiado. Las experiencias realizadas demuestran que pocos alumnos mejoran mediante clases de *recuperación* de este tipo.
- Si no se toman precauciones, este modelo puede derivar en una división del alumnado entre estudiantes *buenos* y estudiantes *con problemas*. La parte diversificada del currículo se convierte en un instrumento de segregación.

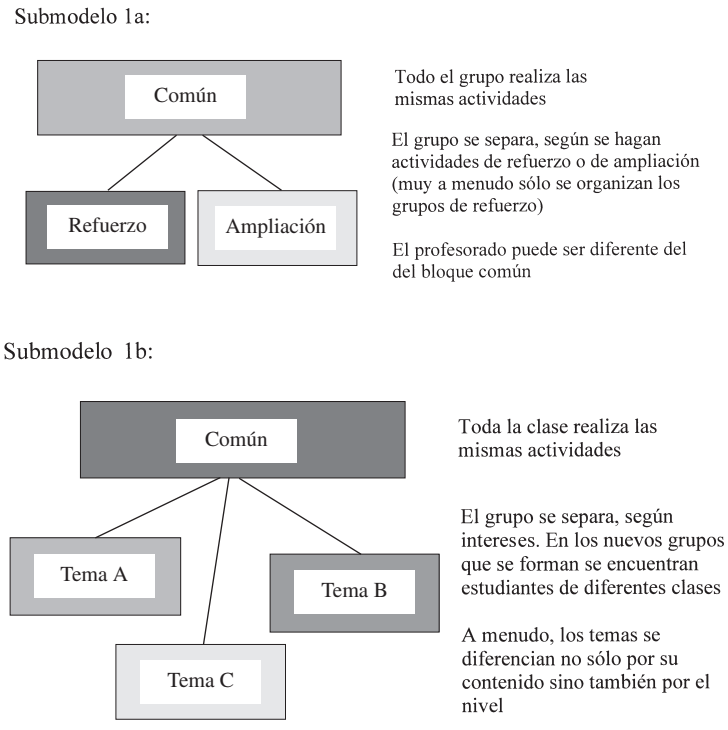


Figura 12.5. Distintas agrupaciones del alumnado según el modelo 1.

Las ventajas e inconvenientes del submodelo 1b son:

- Este modelo en cambio, bien planificado y aplicado, posibilita dedicar un tiempo a atender a los estudiantes desde su especificidad, ya sea para profundizar en lo trabajado en el bloque común, ya sea para ayudar a la superación de obstáculos y dificultades concretas.
- Este modelo proporciona la ventaja de favorecer, en la parte diversificada del currículo, que se parta de los intereses del alumnado, ya que pueden escoger los temas objeto de estudio. Además, los grupos que se forman pueden también ser más homogéneos en cuanto a sus capacidades.
- Las experiencias de países con una amplia franja optativa en su currículo demuestran que, si en esta franja horaria se compite con otras disciplinas, se produce una autoexclusión de las chicas y del alumnado de niveles sociales bajos en el momento de escoger materias como Física, Química y Matemáti-

cas. Estos estudiantes no tienden a percibir el interés de estudiar estas asignaturas, tradicionalmente consideradas difíciles, ni sus padres insisten en ello, por lo que no optan por ellas de forma espontánea. Una buena tutoría puede compensar esta tendencia, aunque es difícil conseguirlo, ya que los condicionantes sociales que conducen a la selección de las áreas de estudio son muy fuertes.

- En muchos casos, esta franja del currículo se convierte en la parte de los estudios que son considerados irrelevantes por los estudiantes y por los mismos profesores. Se es menos exigente que en las materias de la parte común, las cuales son las que cumplen la función seleccionadora del alumnado.
- La ventaja es que estas materias optativas suelen diseñarse de forma innovadora y pueden llegar a captar el interés del alumnado. A partir de ellas, se puede conseguir que algunos estudiantes se replanteen su futuro profesional. También, si al mismo tiempo los grupos son homogéneos, se pueden adaptar más fácilmente los contenidos al nivel de los alumnos.

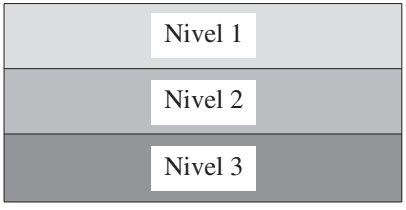
b) Modelo 2. En este modelo organizativo los estudiantes realizan diferentes actividades en función de sus capacidades y ritmos de aprendizaje (figura 12.6).

Algunas de las reflexiones que se pueden hacer en relación con este modelo son:

- Facilita la adecuación de las actividades de aprendizaje a los ritmos y niveles de los alumnos.
- Todas las variantes de este modelo se caracterizan porque no hay interacción entre los estudiantes de diferentes niveles en una misma clase, lo que imposibilita que se comuniquen y se ayuden entre ellos. Así, se pierde uno de los valores de la escuela comprensiva.
- En los submodelos 2a y 2b tiene lugar una división del alumnado que fácilmente se transforma en estable. Los alumnos del nivel inferior y los del nivel superior son siempre los mismos y se crean roles de grupos "buenos" y de grupos "malos".
- El submodelo 2a necesita que el profesorado planifique, en una misma aula, dos o tres currículos diferenciados pero compatibles en el tiempo. Diseñarlos es una tarea compleja y se necesitaría disponer de buenos materiales didácticos que resulta fácil encontrar en el mercado. También es difícil atender al mismo tiempo a alumnos que están realizando actividades distintas.
- El submodelo 2b es el más generalizado y es útil cuando se adapta la planificación a las características del grupo, tanto a sus dificultades específicas como a los posibles intereses. Una agrupación de este tipo no tendría sentido si se aplicara en todos los grupos el mismo currículo. Ello no implica que los conceptos

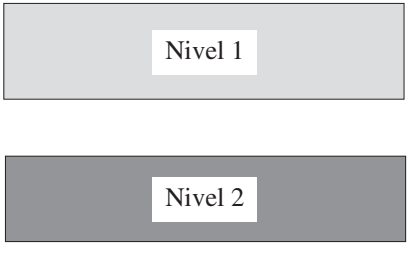
no puedan ser los mismos, pero las actividades necesariamente tendrán que ser distintas. Por ejemplo, en relación con el aprendizaje de la cinemática, en grupos que no pretenden continuar estudiando Ciencias se puede realizar un estudio más cualitativo y centrado en la reflexión sobre causas de accidentes y el análisis de gráficos, mientras que con alumnos interesados en estos estudios se puede partir del planteamiento de problemas de la historia de la ciencia.

Submodelo 2a:



Todo el grupo está en la misma aula, pero realizan actividades diferentes en función de diversos niveles preestablecidos. Sólo hay un enseñante en el aula.

Submodelo 2b:



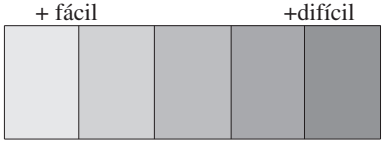
Grupos flexibles

El alumnado, en algunas áreas, se distribuye en diferentes grupos en función de sus dificultades y/o niveles de aprendizaje.

La distribución de los estudiantes puede cambiar cada cierto período de tiempo.

Diferentes enseñantes atienden a cada grupo.

Submodelo 2c:



Secuencias de aprendizaje

Material secuenciado e individualizado. Cada estudiante sigue su propio ritmo de trabajo y el profesor ayuda a resolver dificultades puntuales.

Figura 12.6. Distintas agrupaciones del alumnado según el modelo 2.

- Para poner en práctica el submodelo 2c es necesario secuenciar muy bien los contenidos y planificar actividades que faciliten el autoaprendizaje y la auto-

corrección para que cada estudiante pueda seguir su ritmo de forma bastante autónoma. También en este caso es importante disponer de buenos materiales didácticos y, en este sentido, el ordenador puede ser un buen instrumento mediador. El profesorado debe estar preparado para atender, al mismo tiempo, cuestiones y dificultades sobre temas diferentes.

c) *Modelo 3.* En este modelo, el currículo es básicamente el mismo para todos los estudiantes, pero hay institucionalizados mecanismos de regulación adaptados a cada tipo de dificultad, que se proporcionan en un tiempo muy cercano al que se han detectado (figura 12.7). Este tiempo puede corresponder a una parte del horario normal de la asignatura, aunque no hay duda de que es mucho mejor disponer de horas suplementarias. En algunos centros, pueden organizarse espacios de *consulta* comunes a varias disciplinas, en los que los alumnos pueden optar por asistir al que consideren prioritario o realizar otras actividades complementarias, ya sea en la biblioteca o en la sala de ordenadores.

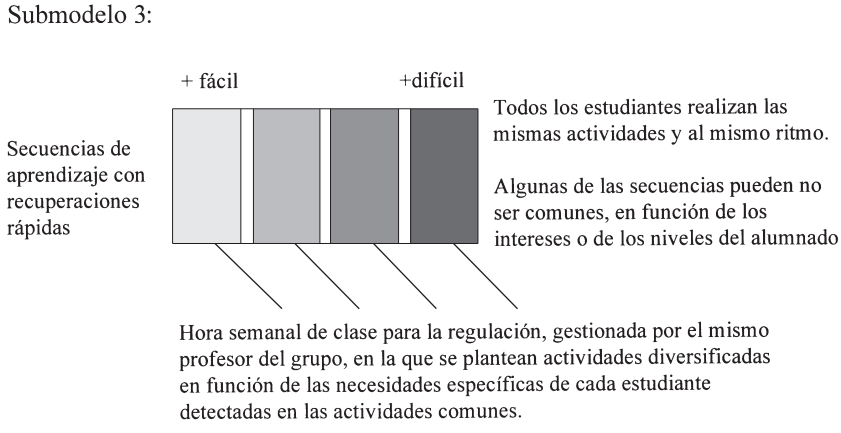


Figura 12.7. Agrupaciones del alumnado según el modelo 3.

Algunas de las reflexiones que se pueden hacer en relación con este modelo organizativo son las siguientes:

- Hay interacciones entre los alumnos y alumnas de diferentes ritmos y estilos de aprendizaje, aspecto básico en los modelos comprensivos de organización escolar. Permite llevar a cabo actividades basadas en el trabajo cooperativo.

- Si las actividades y la evaluación que se llevan a cabo posibilitan la detección de las dificultades de cada estudiante en el momento en que empiezan a manifestarse, el tiempo dedicado a la regulación puede ser muy efectivo. Se requerirá, sin embargo, orientar dicha regulación a la solución de los problemas que se hayan detectado, uno a uno.
- Al ser el mismo profesor el que ha detectado el problema y el que promueve la regulación, es más fácil ayudar a cada alumno en relación con sus necesidades específicas. Se pueden organizar subgrupos en función de tipos de dificultades o aspectos a ampliar. Si la escuela puede duplicar el número de profesores en este espacio de tiempo se facilita la tarea, siempre que el titular oriente el trabajo a realizar, ya que es el que ha detectado las necesidades. También se pueden organizar grupos de ayuda, de forma que unos alumnos ayuden a otros.
- En este modelo, la regulación puede realizarse en momentos muy cercanos a los que cada alumno se encontró con las dificultades. Se posibilita, por tanto, *desbloquearlo* antes de que se conviertan en insuperables. También promueve que los estudiantes con mayor facilidad para el aprendizaje profundicen en algunos de los aspectos tratados y realicen actividades más complejas y, por tanto, no dejen de ser estimulados.

Cuando se trabaja con modelos organizativos comprensivos como el anterior, se deben tener en cuenta diferentes aspectos en la organización del currículo. Por ejemplo, será necesario:

- *Identificar los objetivos mínimos.* En la planificación de cada U. D. y de cada secuencia es necesario diferenciar entre lo que toda la población debería conocer y lo que se podría considerar como ampliación. Por ejemplo, el marco curricular establece como finalidad introducir el concepto cualitativo de aceleración, por lo que éste sería el objetivo mínimo. Ello no quiere decir que no se pueda enseñar un conocimiento cuantitativo de este concepto, pero no como algo que todo el alumnado deba saber.

  El nivel de abstracción construido en relación a un concepto también puede ser diverso. Por ejemplo, las figuras 12.8 y 12.9 reproducen dos "bases de orientación" elaboradas por dos alumnos después de ser evaluadas y revisadas. Se puede comprobar que la primera es muy abstracta y se parecería más a la que hubiera dado el profesorado. La segunda está más centrada en aspectos de procedimiento que en ideas generales y el alumno se ayuda de ejemplos para explicitar qué ha de hacer. Seguramente este alumno no podría resolver problemas de este tipo a partir de la base de orientación elaborada por su compañero (o por el profesorado), pero, si las acciones que ha escrito son adecuadas y sabe aplicarlas, sin duda puede tener éxito en su resolución y, por tanto, se puede valorar que ha aprendido.

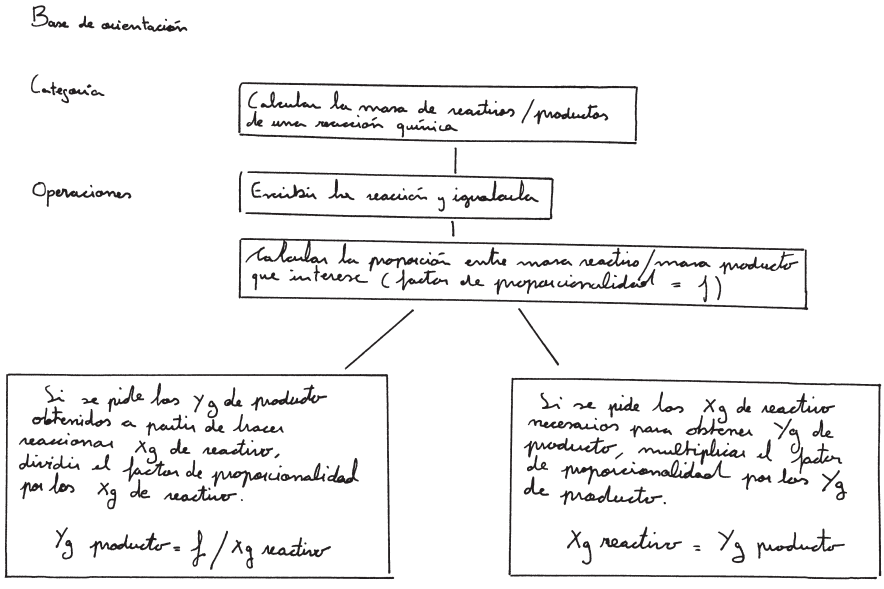


Figura 12.8. Ejemplo de "base de orientación" abstracta y sintética.

- *Secuenciar los contenidos y las actividades según su grado de dificultad, atendiendo muy especialmente a los procedimientos.* Es importante que el orden en el que se van introduciendo los contenidos favorezca su construcción. No puede ser que, ya en las primeras actividades, una buena parte de la clase "desconecte" debido a que no puede relacionar los nuevos aprendizajes con sus conocimientos previos.

  En especial, se ha de dedicar tiempo al aprendizaje de los procedimientos, ya que generalmente las diferencias más importantes entre los alumnos se refieren a su dominio. Sorprende, por ejemplo, que cuando se hacen estudios sobre las concepciones alternativas iniciales del alumnado no se obtienen resultados significativos distintos entre los estudiantes de distintos niveles pero, en cambio, unos (los que aprenden) saben mucho más que otros interpretar gráficos, extraer la idea principal de un texto, operar matemáticamente, consultar un diccionario, redactar una justificación, anticipar procesos de resolución de problemas, etc.

  También se debe tener muy en cuenta el tipo de actividades seleccionadas y, muy especialmente, su orden. Es importante iniciar el proceso de enseñanza proponiendo aquellas que todos los alumnos puedan realizar sin excesivas dificultades y que conecten con aspectos concretos de su vida cotidiana para, poco a poco, aumentar su grado de abstracción y complejidad.

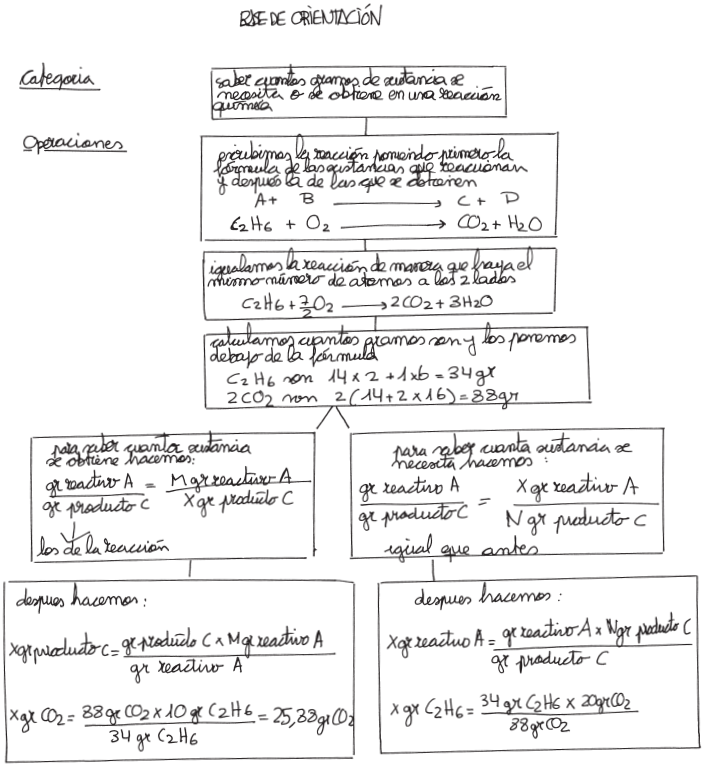


Figura 12.9. Ejemplo de "base de orientación" con ejemplos y desplegada.

- *Combinar momentos de trabajo en grupos heterogéneos con otros más homogéneos.* La organización del aula y las actividades programadas han de posibilitar la combinación de espacios de tiempo dedicados al trabajo cooperativo en grupos heterogéneos con otros en grupos homogéneos. En general, mientras se introduce un nuevo contenido es conveniente promover la in-teracción entre alumnos diversos porque favorece el aprendizaje tanto de los alumnos que tienen mayores capacidades –que ayudando a los demás enriquecen sus ideas y su capacidad de comunicación–, como de los que encuentran más dificultades, ya que la ayuda de un compañero suele aproximarse más a sus necesidades que la que le pueda dar un profesor mucho más experto.

  Paralelamente deberán preverse momentos en los que se diversifique el trabajo, tanto para posibilitar que algunos estudiantes puedan profundizar más en sus conocimientos como para que otros revisen aspectos que todavía no

acaban de comprender. Las actividades de aplicación pueden ser idóneas para esta finalidad. A veces solamente se trata de cambiar el formato de la actividad, de manera que en unos casos sea más dirigida que en otros (véanse los cuadros 12.6 y 12.7). Ello favorece que la puesta en común tenga sentido para todos, ya que las actividades se refieren al mismo contenido.

Cuadro 12.6. *Actividad muy orientada, para alumnos con dificultades de aprendizaje.*

Elaboremos dietas

La siguiente dieta es la correspondiente a una atleta en período de entrenamiento fuerte. Calcular, con la ayuda de una tabla de alimentos, las kilocalorías de dicha dieta. Después, compararemos esta dieta con otras y analizaremos las semejanzas y diferencias.

	Alimento	*Cantidad (g)*	*kcal/g*	*Total*
Desayuno	Pan	200		
	Mantequilla	15		
	Mermelada	25		
	Leche	250		
	Azúcar	25		
Comida	Arroz	250		
	Carne de ternera	150		
	Patatas fritas	200		
	Ensalada	100		
	Pan	300		
	Aceite	30		
	Fruta fresca	200		
Merienda	Nada			
Cena	Sopa de pasta	300		
	Verdura	150		
	Patatas	200		
	Merluza	150		
	Aceite	20		
	Tomate	50		
	Pan	200		
	Fruta fresca	200		
	Queso	100		
		Kcal totales:		

Comentar si esta dieta es o no equilibrada por lo que se refiere a la energía que aporta en función de la actividad que se realiza.

Cuadro 12.7. *Actividad poco orientada, para alumnos sin excesivas dificultades de aprendizaje.*

Elabora una dieta que consideres equilibrada, en cuanto a distribución energética y de nutrientes, para una persona de tus características. Justifica tu propuesta.

	Alimentos	*Gramos*	*Nutrientes g-kcal*
Desayuno			
Comida			
Merienda			
Cena			
Kcal			

Consulta en la tabla de kilocalorías tus necesidades energéticas. Comenta si es una dieta equilibrada o no en cuanto a la distribución de nutrientes y al aporte energético.

Posteriormente, compararemos tu dieta con otras y analizaremos las semejanzas y diferencias.

Fuente: Escofet *et al.* (1991): *Nutrición y dietética*. MEC. No publicado.

En otros casos, se puede proponer un conjunto de ejercicios secuenciados por orden de dificultad. Todos deben realizar un número mínimo de ellos, mientras que los más complejos sólo los responderán una parte del grupo-clase o unos grupos.

En todos los casos será importante arbitrar sistemas organizativos que faciliten la detección de dificultades específicas y su regulación y favorecer la evaluación mutua entre los propios estudiantes, ya sea a nivel individual o entre parejas o pequeños grupos. La acción del profesorado se debe centrar en la ayuda en relación con aquellos problemas que no puedan resolver los propios alumnos entre ellos.

- *Diferenciar la demanda o la ayuda en algunas de las actividades.* A veces puede ser conveniente diferenciar qué es lo que se pide que los estudiantes elaboren a partir de la realización de algún experimento o manipulación. La recogida de datos u observaciones puede ser común y realizada en grupos heterogéneos, pero las cuestiones sobre las que reflexionar pueden ser distintas.

Por ejemplo, los alumnos pueden realizar un experimento controlando qué le sucede a una planta mustia cuando se riega. A unos se les pide que describan lo que sucede y que lo expliquen estableciendo unas relación causa-efecto. En cambio, a otros se les puede dar una información anexa sobre el concepto de *ósmosis* y pedirles que expliquen sus observaciones en función de dicho conocimiento. La puesta en común de los dos tipos de trabajos puede ser conjunta, ya que las descripciones y las explicaciones se complementan. No importa que algunos alumnos escuchen justificaciones que no acaban de entender, mientras el tiempo dedicado a ello no sea muy largo. Otro ejemplo de actividad en esta línea sería la diseñada de forma que se dieran ayudas para realizarla en función de las necesidades detectadas por los propios alumnos. Hay programas de ordenador que, ante un problema, proporcionan ayudas para su resolución en función de las necesidades que los propios alumnos detectan. También se puede aplicar a la realización de trabajos prácticos, como se muestra en el cuadro 12.8.

Cuadro 12.8. *Actividad experimental diseñada diferenciando niveles de ayudas.*

El caso de Salinas, S. A.

A los alumnos se les propone la resolución de un problema experimentalmente. Reciben una carta ficticia de una empresa que les pide que investiguen cuál de las dos muestras de distintos yacimientos de sal común es más rica en este compuesto.

Una vez planteado el problema, han de diseñar un procedimiento para darle respuesta. Es posible que algunos grupos sepan cómo hacerlo y no necesiten mayores ayudas, pero en caso contrario se les puede proporcionar indicaciones a medida que reconocen cuál es la dificultad que les impide avanzar en su investigación (o al detectar el profesorado que no van por buen camino).

Estas ayudas pueden ser en forma de anexos a la carta inicial del tipo:

Anexo 1:

Con la carta anterior venían varios documentos elaborados por el servicio técnico del laboratorio de SSA, en el que se facilita un procedimiento experimental que permite calcular la proporción de sal que hay en una muestra. Además de las muestras, se necesita agua destilada, dos vasos de precipitados, varillas de vidrio, balanzas, un embudo, papel de filtro y una fuente de calor.

Para llevar a cabo la investigación, se pueden seguir los siguientes pasos:

- Pesar 50 g de la muestra.
- Meterlos en un vaso de precipitados con 100 ml de agua.
- Disolver la sal que hay en la muestra en el agua del vaso de precipitados.
- Filtrar el agua para obtener la disolución de la sal.
- Calentar la disolución hasta que se evapore el agua y se obtenga solamente el residuo de sal.

(.../...)

– Con las balanzas, pesar el vaso de precipitados y la sal que contiene, y anotar su masa.
– Lavar el vaso de precipitados, secarlo y determinar su masa.

* Comparar vuestro procedimiento con el propuesto por la empresa. ¿En qué se parecen? ¿En qué se diferencian? ¿En qué modificaríais el vuestro si lo creéis conveniente?

Anexo 2:

Los cálculos a efectuar nos parece que son los siguientes:

– Masa inicial de la muestra = 50 g.
– Masa del vaso vacío (limpio y seco) = ... g.
– Masa de sal = ... g en 50 g de muestra.
– Proporción de sal = ... % de sal en la muestra.

Fuente: Correig, T.; Grau, R. y De Manuel, J. (1996): *Ciències de la naturalesa. Petites investigacions, iniciació a la recerca científica. Crèdit Variable ESO.* Teide. Barcelona.

El ordenador también puede ser útil, en determinados momentos, para que algunos alumnos puedan trabajar autónomamente llevando a cabo actividades diversificadas. Sin embargo, cuando se trata de alumnos con dificultades, es necesario diseñar un protocolo que les oriente adecuadamente sobre la actividad a realizar.

En general, cualquier forma de atención a la diversidad exige disponer de materiales didácticos variados y bien elaborados. Los libros de texto, por su misma estructura, no pueden cumplir dicha función. Tienen un número de páginas muy limitado y dan una única información común para todos los estudiantes sin tener en cuenta las diferencias entre ellos.

Se pueden encontrar en el mercado otros materiales, pero generalmente están dispersos y no son de fácil acceso. Por ello, cada Departamento de Ciencias de una escuela ha de recoger y organizar los recursos encontrados y generados por todos sus miembros de forma que se puedan utilizar en el momento en el que se necesiten. Es una tarea que si se comparte es más rentable y mucho más diversificada, ya que cada profesor tiene distintos niveles de creatividad y de intereses.

- *Orientar la enseñanza a la prevención de dificultades y a su superación en el momento que se detectan.* Otro de los retos para ayudar a todos los alumnos en su aprendizaje es diseñar actividades que posibiliten detectar rápidamente los tipos de errores u obstáculos con los que se encuentran y organizar sistemas efectivos de ayuda.

  Con esta finalidad son muy importantes las actividades iniciales de diagnosis, porque posibilitan enseñar teniendo en cuenta los obstáculos identifi-

cados y proporcionar informaciones e instrumentos que ayuden a superarlos. De hecho, la actividad del profesorado se debería centrar más en la prevención de problemas de aprendizaje que en la transmisión de nuevos contenidos.

Pero, aun habiendo realizado actividades de enseñanza idóneas, la mayoría de estudiantes cometerán errores, por lo que será necesario planificar actividades que tengan la función de detectarlos mientras van aprendiendo. La realización de bases de orientación, de mapas conceptuales, de precontratos de evaluación, de diarios de clase o de resúmenes posibilitan esta identificación y la diferenciación entre distintos tipos de problemas. Lo importante es que tanto el profesorado como los propios alumnos entiendan por qué sus ideas o prácticas no son idóneas, en qué difiere su "lógica" de la de la ciencia.

La ayuda es mejor darla en función de los distintos aspectos o tipos de dificultades que en relación con el concepto o procedimiento en su globalidad, ya que serán más abarcables. Además, ello posibilita afrontar cada problema concreto, cosa muy distinta de "recuperar alumnos-problema". El profesorado podrá preparar, para cada tipo de dificultad, lecturas, vídeos o ejercicios a realizar con papel y lápiz o por medio del ordenador. Estas actividades las pueden llevar a cabo los alumnos solos o en pequeños grupos orientados por el profesorado o por algún compañero más experto. La tendencia debería ser conseguir que los propios estudiantes detecten los aspectos en los que han de mejorar (véanse, por ejemplo, los cuadros 11.9 y 11.10), ya que cuando se sabe que se tiene una dificultad se ha dado el primer paso para superarla.

El objetivo es conseguir que el éxito en la respuesta a los exámenes o actividades similares sea el mayor posible. Por tanto, no es conveniente esperar a la realización de dichas pruebas para detectar a los alumnos que no aprenden, ya que si las realizan mal, constatan su fracaso y se desaniman. Conviene recordar que la mejor motivación se produce cuando toman conciencia de su progreso, por lo que es más importante prevenir que curar.

Tal como se ha indicado, una de las formas organizativas que posibilita atender más específicamente a las necesidades de cada estudiante es disponer, en el horario lectivo de alumnos y profesores, de una *hora de consulta* semanal (figura 12.8) dedicada a una ayuda personalizada. En este espacio de tiempo, los estudiantes, individualmente o en pequeños grupos, reciben orientaciones para superar sus dificultades específicas o para ampliar sus conocimientos, se analizan las posibles causas de algunos de los obstáculos detectados y se negocian los sistemas de regulación más apropiados. En algunos casos, los problemas pueden provenir de déficits en conocimientos específicos del tema y, en otros, pueden ser debidos al método de trabajo generado por el alumno. La concreción de la negociación, especialmente en este último tipo, se puede reflejar en un contrato escrito (cuadro 12.9).

Cuadro 12.9. *Ejemplo de contrato sobre la reconducción de hábitos de estudio.*

Fecha: 22 de febrero de 1993

Alumna: ..... **Profesor:** .....

1. Duración del contrato: 2 meses hasta el 22 de abril de 1993

2. Constatación de la situación: No hago bien los trabajos. En general soy muy despistada y mi libreta nunca está al día. Me gusta dibujar y escuchar música.

3. Medios para tener éxito en la resolución de este contrato:
- Organizarme bien el tiempo. Me comprometo a dedicar las horas pactadas a realizar los trabajos previstos.
- Empezar desde mañana a llevar un índice de todos los trabajos e indicar si los hago o no.
- Participar más en mi grupo, dando mis ideas e intentando entender las que dicen mis compañeros.
- Anotar en qué cosas me equivoco o no sé hacer bien para preguntarlas.
- Cuando una cosa no me haya salido bien la primera vez, rehacerla yo misma, sin copiarla.
- Ya que me gusta dibujar, procuraré incluir esquemas y dibujos que resuman los temas estudiados.
- Cuando trabaje pondré música no muy fuerte, de fondo.

4. ¿Quién me puede ayudar?:
Rosa ..... *(una compañera)*
El profesor de ciencias a quien le pediré que me explique las cosas que no entienda (¡si antes yo he intentado hacerlas!)

5. ¿Cómo revisaremos el cumplimiento de este contrato?:
- Yo misma junto con mi grupo. Compararé mis trabajos con los de ellos, especialmente con los de Juan e intentaré ver qué cosas no hago bien sin copiarmelas.
- El profesor de ciencias que me revisará la libreta el 22 de marzo y el 22 de abril

Me comprometo a cumplir este contrato y si no lo hago explicaré por escrito las razones.

La alumna **El profesor**

Fuente: A partir de una idea de H. Przesmyucki, 1991.

Es conveniente fijar de antemano los aspectos que se van a tratar en cada sesión de consulta y animar a los estudiantes para que participen por propia voluntad, cuando crean que necesitan ayuda. Con ello se consigue centrar la acción en el problema a superar y se evita que se consideren ellos mismos el

problema. Generalmente, al principio son reacios a realizar este tipo de actividades (ya que conllevan un trabajo extra), pero poco a poco reconocen su utilidad y asisten por propia iniciativa.

En general, en estas sesiones de trabajo, más que volver a explicar el concepto o procedimiento objeto de aprendizaje, es mejor revisar conjuntamente sus producciones, ayudándoles a reconocer las causas de sus dificultades. Después de esta revisión, se pueden realizar algunos ejercicios-tipo, para que se den cuenta de que los pueden hacer adecuadamente, y pactar con ellos la forma y el momento de entrega de los nuevos trabajos. Éstos deberían ser estimulantes, evitando en lo posible los de tipo mecanicista (cuadro 12.10).

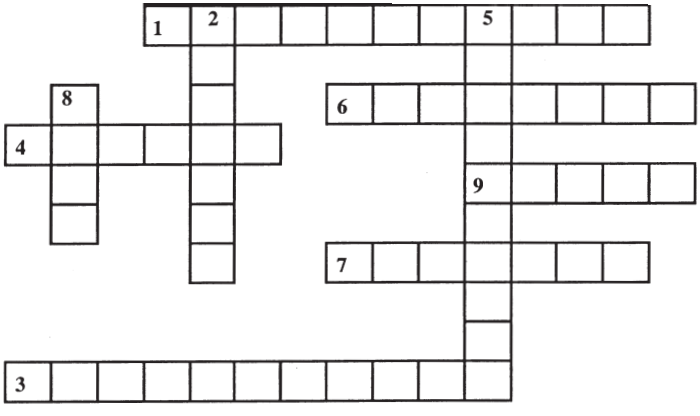
Esta organización permite que el intervalo temporal entre el momento en el que el alumno o alumna se ha encontrado con la dificultad, su detección y la propuesta de actividades de regulación específicas sea muy corto, lo que evita que las dificultades poco importantes se conviertan en obstáculos insalvables.

Cuadro 12.10. *Ejemplo de ejercicio orientado a la superación de dificultades.*

Esta actividad fue planteada a los alumnos de 2.º de ESO que se habían autoevaluado diciendo que "no sabían cómo decidir si una sustancia era pura" (véase el cuadro 11.10). La profesora se propuso que revisarán algunos criterios que posibilitan distinguir entre mezclas y sustancias puras y, al mismo tiempo, diferenciar conceptos que normalmente se confunden, como los de "puro", "natural" y "potable". Anteriormente, en una hora de consulta, la profesora les había mostrado distintas mezclas y sustancias puras, y había comentado con ellos la dificultad real de identificar una sustancia pura, incluso para personas expertas.

Cómo distinguir entre una sustancia pura y una mezcla

a) Completa el crucigrama con las palabras que faltan en las siguientes frases:



(.../...)

1. Si un material es …….. (se ven varias sustancias a simple vista), seguro que es una mezcla.
2. Si al …….. a sequedad un líquido queda un residuo, seguro que es una mezcla.
3. Si es una sustancia pura, aplicando la técnica de la …….. no se separan sustancias distintas.
4. Si un sólido tiene un punto de …… constante, es una sustancia pura.
5. Si un líquido tiene un punto de ……. constante, es una sustancia pura.
6. Aunque decimos que una sustancia es pura, casi siempre contiene alguna ……..
7. La mayoría de "sustancias" naturales son …….
8. En la naturaleza, sólo algunos metales como el oro se encuentran en estado ….
9. Aunque se dice "…… pura de vaca" se trata de una mezcla.

b) ¿Es lo mismo agua pura que agua potable? Explica las diferencias.
c) Define con tus palabras qué es una mezcla heterogénea, una disolución y una sustancia pura.

Es evidente que la atención a la diversidad de niveles y ritmos de aprendizaje es un desafío muy complejo que requiere conjugar, entre otros aspectos, el diseño de materiales didácticos idóneos con una buena organización del aula y del centro escolar. Las actividades han de posibilitar no tanto que todos los alumnos aprendan lo mismo, como que cada uno progrese a partir de su punto de partida. Para conseguirlo, no es tan importante diversificar las actividades como planificarlas de forma que los niveles de elaboración del conocimiento puedan ser diversos. Lo que no debería pasar es que en una clase hubiera alumnos que no aprendieran nada.

12.2.3. Diversidad de género

Otra de las "diversidades" que se dan en el aula es la de género, especialmente importante en todo lo que se refiere a la enseñanza de las Ciencias. La preocupación nació en los países cuyo sistema educativo tiene un alto nivel de optatividad en Secundaria, en los que se observa que pocas chicas escogen las asignaturas científicas, especialmente la Física, las Matemáticas y la Química. Ni padres ni profesores acostumbran a estimularlas en la selección de este tipo de asignaturas, mientras que a los chicos se les insiste y se les motiva.

En nuestro país, la diferencia más importante se da en relación con la tecnología y, en especial, en los estudios de ingeniería, ya que no se suele orientar a las alumnas hacia ellos. Por ejemplo, en una investigación se pidió a una muestra amplia de profesores y profesoras que dijeran qué estudios recomendarían realizar a un buen estudiante cuyas respuestas a un examen de Física se daban a leer. Cuando el autor del examen figuraba que era chico se recomendaba mayoritariamente que estudiara ingeniería o física. Si era chica, se la orientaba hacia medicina, veterinaria o arquitectura, y nunca a alguna ingeniería.

En general, la imagen que se da de la ciencia y de los científicos es masculina. Hasta hace unos pocos años las ilustraciones de los libros de texto y los ejemplos utilizados para profundizar en conceptos eran habitualmente mucho más cercanos a los contextos de los chicos que a los de las chicas. Por ejemplo, cuando se estudian temas relacionados con la mecánica, se parte de analizar lo que sucede al chutar un balón de futbol, el funcionamiento de una moto o de una máquina taladradora. Pocas veces se analizan deportes más practicados por las mujeres o máquinas de uso en la cocina. Los protagonistas de los problemas también suelen ser masculinos y se habla de un observador, un ciclista o del conductor de un coche.

Asimismo, las referencias a las mujeres que han investigado a lo largo de la historia de la ciencia son mínimas, excepto en el caso de Marie Curie. Los inventos se asocian siempre a los hombres, con los que se relaciona además el ingenio, el gusto por manipular y por la aventura.

También se pueden constatar diferencias en relación con la distribución de funciones en el trabajo experimental y, si no se previene, los chicos acostumbran a monopolizar la manipulación de los instrumentos y materiales, mientras que las chicas asumen el papel de secretarias y responsables del orden y de la limpieza. Al mismo tiempo, los estereotipos de las chicas a las que les gusta la Física o la Tecnología son generalmente negativos (véase el cuadro 6.10), y por este motivo tienden a automarginarse de su aprendizaje (cuadro 12.11).

Cuadro 12.11. *El género influye en la corrección de trabajos.*

¿Se valoran todos los trabajos con los mismos criterios?

Los estudios muestran que no se valoran por igual los ejercicios según sean hechos por un chico o una chica.

Por ejemplo, ante un problema bien resuelto por dos estudiantes –uno de ellos con todo el procedimiento de resolución bien presentado, y el otro escrito con muy mala letra, desordenado y con tachaduras–, las evaluaciones son distintas según se trate de ejercicios firmados por chicos o chicas.

Mayoritariamente, si el ejercicio está firmado por un chico se le puntúa más alto, especialmente en el segundo caso. A un chico se le sube la nota si presenta bien un ejercicio, mientras que en una chica se considera normal e incluso se la penaliza si escribe con mala letra.

De la misma forma, a igualdad de producciones entre alumnado de nivel medio, se tiende a dar mayor puntuación a los chicos que a las chicas en comprensión de los conceptos, precisión en el lenguaje, claridad en las explicaciones, capacidad de razonamiento y aptitud científica en general.

Fuente: Mirandes, J. y Tarín, R. M. (1991): *Diferents espectatives del professorat sobre les capacitats científiques dels nois i de les noies*. Trabajo no publicado. UAB.

Otra de las diferenciaciones que se establecen se relacionan con las interacciones profesorado-alumnado según sean chicos o chicas. Por ejemplo, se suele preguntar más a los chicos que a las chicas, y las preguntas que se hacen a unos y a otras son distintas. También se han encontrado diferencias en cuanto a los niveles de exigencia y criterios de evaluación.

Aunque muchos estudios han puesto de manifiesto esta diversidad de actuaciones en función del género, cuando se pregunta a los profesores si creen que se dan en sus clases siempre opinan que no. No se suele tener conciencia de ellas, por lo que es difícil tomar decisiones para contrarrestarlas. En este sentido, puede ser útil analizar la propia planificación utilizando guiones como el que se reproduce en el cuadro 12.12:

Cuadro 12.12. *Guión para el análisis de materiales didácticos desde la visión de género.*

Características del material didáctico		*Masculino*	*Femenino*	*Equilibrado*
Estereotipos sexistas	Imágenes			
	Textos			
	Ejemplos			
	Trabajos prácticos			
Relevancia del contexto	Imágenes			
	Ejemplos			
	Problemas y ejercicios			
	Trabajos prácticos			

Fuente: Adaptación de: Núria Solsona (coord.) (1995): "Una mirada no sexista a les clases de Ciències Experimentals". *Quaderns per a la coeducació,* 8. ICE de la UAB. Barcelona.

Lo mismo que ocurre con otros tipos de diversidades presentes en el aula, en la cuestión del género la actuación del profesorado puede ser, o bien simple reproductora de los valores dominantes en la sociedad, o bien promotora de valores diferentes. Difícilmente será neutra.

Bibliografía

Referencias bibliográficas

Arcà, M.; Guidoni, P. y Mazzoni, P. (1990): *Enseñar ciencia.* Paidós/Rosa Sensat. Barcelona.

Astolfi, J. P. y Peterfalvi , B. (1993): "Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales". *Aster, recherches en didactique des sciences expérimentales*, 16: 103-142.

Caamaño, A. (1995): La química al nou batxillerat. Quins continguts? *Butlletí. Les ciències experimentals i la reforma,* 93: 15-20.

Cañal, P.; López, J. I.; Venero, C. y Wamba, A. M. (1993): "El lugar de las actividades en el diseño y desarrollo de la enseñanza: ¿cómo definirlas y clasificarlas?". *Investigación en las escuelas*, 19: 7-13.

Carr, M.; Barker, M.; Bell, B.; Biddulph, F.; Jones, A.; Kirkwood, V.; Pearson, J. y Symington, D. (1994): "The constructivist paradigm and some implications for science content and pedagogy", en Fensham, P.; Gunstone, R.; White, R. (eds.): *The content of science*. The Falmer Press. Londres, pp. 131-146.

Chalmers, A. (1984): *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Siglo XXI. Madrid.

Chevallard, Y. (1985): *La transposition didactique*. La Pensée Sauvage. Grenoble.

Claxton, G. (1984): *Vivir y aprender*. Alianza. Madrid.

— (1994): *Educar mentes curiosas*. Aprendizaje/Visor. Madrid.

Driver, R.; Asoko, H.; Leach, J.; Mortimer, E. y Scott, P. (1994): "Constructing scientific knowledge in the classroom". *Educational researcher,* 23 (7): 5-12.

Duschl, R. (1994): "Research on the history and philosophy of science", en Gabel, D. (ed.): *Handbook of research on science teaching and learning.* Macmillan Pub. Nueva York, pp. 443-465.

Fensham, P. (1988): "Beginning to teach chemistry", en Fensham, P.; Gunstone, R. y White, R. (eds.): *The content cf science*. The Falmer Press. Londres, pp. 9-11.

García, J. (1998): *Hacia una teoría alternativa sobre los contenidos escolares.* Diada, Sevilla.

García, M. P. (2001): Ensenyar genètica avui. *Escola Catalana,* 379: 19-24.

Giere, R. N. (1999a):"Del realismo constructivo al realismo perspectivo". *Enseñanza de las ciencias*, Extra, pp. 9-14.

— (1999b):"Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico". *Enseñanza de las ciencias*, Extra, pp. 63-70.

Giordan, A. (1982, 1978 la edición en francés): *La enseñanza de las Ciencias.* Pablo del Río. Madrid.

Guidoni, P. (1990): "Pre-escolar i formació cultural de base". *Papers*, 1. Fundació la Caixa, pp. 26-34.

Izquierdo, M. *et al.* (1999): "Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar". *Enseñanza de las ciencias. Aportación de un modelo cognitivo a la enseñanza de las ciencias,* Extra, pp. 79-91.

Izquierdo, M. (2000): "Fundamentos epistemológicos", en Perales Palacios, F. J.; Cañal de león, P. (coord.): *Didáctica de las ciencias experimentales.* Marfil. Alcoy, pp. 35-64.

Izquierdo, M. y Sanmartí, N. (1999): "Enseñar a leer y a escribir textos de Ciencias de la Naturaleza", en Jorba, J.; Gómez, I. y Prat, A. (eds.): *Hablar y escribir para aprender*. Síntesis. Madrid.

Johsua, S. y Dupin, J. J. (1993): *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. PUF. París.

Jorba, J. y Sanmartí, N. (1996): *Enseñar, aprender y evaluar: Un proceso de regulación continua*. MEC. Madrid.

Jorba, J.; Gómez, I. y Prat, A. (eds.) (1999): *Hablar y escribir para aprender*. Síntesis. Madrid.

Layton, D. (1992): "Science and technology teacher training and the quest for quality", en Layton, D. (ed.): *Innovations in science and technology education. Vol. IV*. Unesco. París.

Lucas, A. (1993): "Condicionantes del currículo y aportación de la investigación a la práctica de la educación en ciencias", en Palacios, C.; Ansoleaga, D. y Ajo, A.: *Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias*. CIDE 1983-1993. Madrid.

Mosterín, J. (1984): *Conceptos y teorías en la ciencia*. Alianza Editorial, AU 394. Madrid.

Nogués (1987): "Neurologia i regulació educativa del comportament". *Educar,* 12: 57-74.

Novak, J. D. y Gowin, D.B. (1988): *Aprendiendo a aprender*. Martínez Roca. Barcelona.

Novo, M. (1995): *La educación ambiental. Bases éticas, conceptuales y metodológicas.* Universitas. España.

Nunziati, G. (1990): "Pour construire un dispositif d'évaluation formatrice". *Cahiers pédagogiques,* 280: 47-64.

Nussbaum, J. (1989): "Classroom conceptual change: philosophical perspectives". *Int. J. of Sci. Educ.,* 11, pp. 533-540.

Ogborn J.; Kress, G.; Martins, I. y Mcgillicuddy, K. (1998): *Formas de explicar. La enseñanza de las ciencias en secundaria*. Aula XXI/Santillana. Madrid.

Osborne, R. y Freyberg, P. (1991, 1985 1.ª ed. en inglés): *El aprendizaje de las ciencias*. Narcea. Madrid.
Powers, C. N. (1990): Policy issues in science education: an international perspective, en E. W. Jenkins (ed.): *Policy issues and school science education.* Centre for studies in science and mathematics education. The University of Leeds. Leeds, pp. 1-17.
Pozo, J. I. (1992): "Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas". *Infancia y aprendizaje,* 57: 3-22.
Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998): *Aprender y enseñar ciencia*. Morata. Madrid.
Roca, M. (2001): Com intervenen els exercicis o activitats dels llibres de text en el procés de construccció del coneixement científic. Treball de Recerca del programa de doctorat Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals. UAB. Barcelona.
Tarín, R. M. y Sanmartí, N. (1998): "L'educació en els camps dels valors científics", en Puig, J. M.; Martín, M. y Trilla, J.*: Còniques per a una educació de formació en valors a secundària*, Col. Interseccions, 22: 161-177.

Libros generales sobre Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria Obligatoria

En estos libros se reflexiona y se plantean propuestas relacionadas con la selección de contenidos científicos a enseñar, con problemas de aprendizaje y con metodologías y recursos para la enseñanza de las Ciencias.

Aguilar, T. (1999): *Alfabetización científica y educación para la ciudadanía*. Narcea. Madrid.
Arca, M.; Guidobi, P. y Mazzoli, P. (1990): *Enseñar Ciencia*. Paidós/Rosa Sensat. Barcelona.
Carmen, L. (coord.) (1997): *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. ICE UB/Horsori. Barcelona.
Claxton, G. (1994): *Educar mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*. Aprendizaje/Visor. Madrid.
Driver, R.; Guesne, E. y Tiberghien, A. (1991): *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Morata/MEC. Madrid.
Duschl, R. (1997): *Renovar la enseñanza de las ciencias*. Narcea. Madrid.
Gil, D.; Carrascosa, J.; Furió, C. y Martínez-Torregrosa, J. (1991): *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria.* Horsori/ICE UB. Barcelona.
Gil, D.; Gavidia, V.; Sanmartí, N.; Caamaño, A.; Albaladejo, C.; Jiménez, M. P.; Lorenzo, F. M. y Otero, L. (1993): *Propuestas de secuencia: Ciencias de la naturaleza*. Escuela Española. Madrid.
Giordan, A. y Vecchi, G. (1988): *Los orígenes del saber*. Diada. Sevilla.
Gutiérrez, R. *et al.* (1990): *La enseñanza de las ciencias en la educación intermedia*. Narcea. Madrid.
Hierrezuelo, J. y Montero, A. (1988): *La ciencia de los alumnos*. Laia/MEC. Barcelona.
Jiménez, M. P. *et al.* (1992): *Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza, curso de actualización científica y didáctica*. MEC. Madrid.
Lemke, J. L. (1997): *Aprender a hablar ciencia*. Paidós. Barcelona.

Llorens, J. A. (1991): *Comenzando a aprender química: ideas para el diseño curricular*. Visor. Madrid.
Marco, B. *et al.* (1987): *La enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Narcea. Madrid.
Marín, N. (1997): *Fundamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales.* Universidad de Almería. Almería.
Martín, J.; Gómez, M. A. y Gutiérrez, M. S. (2000): *Física y Química en Secundaria*. Narcea. Madrid.
Ogborn J.; Kress, G.; Martins, I. y Mcgillicuddy, K. (1998): *Formas de explicar. La enseñanza de las ciencias en Secundaria.* Aula XXI/Santillana. Madrid.
Osborne, R. y Freyberg, P. (1991): *El aprendizaje de las Ciencias*. Narcea. Madrid.
Perales, F. J. y Cañal, P. (2000): *Didáctica de las ciencias experimentales*. Marfil. Alcoy.
Porlan, R. *et al.* (eds.) (1988): *Constructivismo y enseñanza de las ciencias.* Diada. Sevilla.
Pozo, J. I. y Gómez, M. A. (1998): *Aprender y enseñar ciencia*. Morata. Madrid.
Reid, D. J. y Hodson, G. (1993): *Ciencia para todos en secundaria.* Narcea. Madrid.
Sáez, M. J. (coord.) (1998): *La cultura científica, un reto educativo*. La Muralla. Madrid.
Sanmartí. N. y Pujol, R. M. (1997): *Ciencias de la Naturaleza ESO. Guía práctica Praxis para el profesorado.* Praxis. Barcelona.
Shayer, M. y Adey, P. (1984): *La ciencia de enseñar ciencias*. Narcea. Madrid.